



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para
pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Muñoz Sotomayor, Miguel Arturo (orcid.org/0000-0001-7577-4279)
Pulido Villanueva, Stefany Antoane (orcid.org/0000-0003-2107-5311)

ASESORA:

Dra. Garcia Alvarez, Maria Ysabel (orcid.org/0000-0001-8529878X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ
2022

Dedicatoria

Mi tesis es dedicada a mi familia e hijos, quienes han sido parte fundamental en el desarrollo de este proyecto, por su apoyo y creer en mí.

Miguel Arturo

Mi tesis es dedicada a mis padres, Alfredo y Betzabe, quienes me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Son los que me formaron con principios y valores, y me han motivado a ser una mejor persona cada día. También es dedicada a mis hermanos Britani y Adrian, quienes estuvieron en todo momento.

Stefany Antoane

Agradecimiento

Agradezco a Dios quien me da fortaleza y sabiduría, a mi familia que me apoyaron incondicionalmente, a la gloriosa universidad que me vio crecer, a los docentes quienes me brindaron sus enseñanzas y a mi compañera de estudios que estuvo ahí.

Miguel Arturo

Agradezco a Dios por permitirme concluir esta grandiosa etapa de mi vida. A mi familia, por estar presente en todo momento en este arduo recorrido. A la universidad, por permitirme conocer maestros que me han brindado sus enseñanzas para convertirme en un profesional eficiente. Y a todas las personas que han intervenido de alguna manera en este proceso incentivándome para seguir adelante.

Stefany Antoane

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos	vi
Índice de figuras	vii
Índice de anexos	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimientos	18
3.6. Método de Análisis de Datos	18
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS	20
V. DISCUSIÓN	48
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS	56
ANEXOS	61

Índice de tablas

Tabla 1. Granulometría de las muestras de subrasante.....	21
Tabla 2. Caracterización de las muestras de subrasante.....	22
Tabla 3. Valor de soporte de las muestras de subrasante	23
Tabla 4. CBR de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.	23
Tabla 5. Resumen de aforo del tráfico.	26
Tabla 6. Tránsito medio diario semanal (TMDS).....	27
Tabla 7. Tránsito medio diario anual (TMDA).....	28
Tabla 8. Tránsito medio diario anual (TMDA), para “n” años.....	29
Tabla 9. Tráfico vehicular acumulado (TVA), para “n” años.	29
Tabla 10. Índice medio diario (IMD).	30
Tabla 11. Factor de corrección diaria (FD).....	30
Tabla 12. Resumen de aforo del tráfico, corregido por factor de corrección diaria.	31
Tabla 13. Resumen de aforo del tráfico, corregido por factor de ajuste estacional.	32
Tabla 14. Índice medio diario anual (IMDA).	33
Tabla 15. Tasa de crecimiento vehicular (Kr).....	34
Tabla 16. Factor ajuste de presión (Kp).	34
Tabla 17. ESAL (Equivalent Standar Axle Load).....	35
Tabla 18. W18 (Equivalent Standar Axle Load).....	35
Tabla 19. Módulo de resiliencia de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.....	36
Tabla 20. Parámetros para el método AASHTO93.	38
Tabla 21. SNreq de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.....	40
Tabla 22. SN y espesores de las capas del pavimento flexible.....	41
Tabla 23. Shapiro-Wilk, normalidad de los datos.	43
Tabla 24. Estadístico de Levene, homogeneidad de varianzas en valor de soporte.	44
Tabla 25. Estadístico de Levene, homogeneidad de varianzas en los espesores de las capas.	44
Tabla 26. Anova de un factor, condición geomecánica.	45
Tabla 27. Post Hoc - Tukey, condición geomecánica.....	45
Tabla 28. Prueba T para muestras independientes, espesores del pavimento flexible.	47

Índice de gráficos

Gráfico 1. <i>Curva granulométrica de las muestras de subrasante</i>	22
Gráfico 2. <i>CBR de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind</i>	24
Gráfico 3. <i>Variación del CBR de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind</i>	24
Gráfico 4. <i>Tipificación de vehículos</i>	25
Gráfico 5. <i>Módulo de resiliencia de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind</i>	36
Gráfico 5. <i>Variación del módulo de resiliencia de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind</i>	37
Gráfico 7. <i>SNreq de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind</i>	41
Gráfico 8. <i>SN de las capas del pavimento flexible</i>	42
Gráfico 9. <i>Espesores de las capas del pavimento flexible</i>	42

Índice de figuras

Figura 1. Numero estructural (SN), Sub-rasante natural.	38
Figura 2. Numero estructural (SN), Sub-rasante +3% Aggrebind.	39
Figura 3. Numero estructural (SN), Sub-rasante +5% Aggrebind.	39
Figura 4. Numero estructural (SN), Sub-rasante +7% Aggrebind.	40

Resumen

El problema de la investigación fue ¿Cuáles son los efectos de la estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?. El objetivo de la investigación fue determinar cuáles son los efectos de la estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022. El tipo de la investigación es aplicada de enfoque cuantitativa y diseño experimental. Para obtener los resultados se realizó la caracterización de las muestras tomadas de la sub-rasante de la Av. El Bosque - SJL, en el cual se prepararon 2 calicatas distribuidas a lo largo de los 2km de la avenida. Los ensayos realizados fueron: análisis granulométrico por tamizado de las calicatas (C1 y C2) corresponde a una subrasante de arena limosa (SM) según SUCS y A-2-4(0) según AASHTO se componen en su mayoría por arenas; limite líquido muestra un contenido 1.9% y 5.0% de humedad; No presenta limite plástico e índice de plasticidad y CBR obteniendo de la sub-rasante natural un CBR de 14.3%, logrando aumentar a un 21.4% al 3% de aditivo, a un 31.2% al 5% de aditivo y finalmente a un 30.0% al 7% de aditivo. Se concluye que la estabilización química de la subrasante empleando AggreBind provoca mejoras significativas en la condición geomecánica de la subrasante y en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022. Se recomienda el empleo de la estabilización química de la subrasante con el aditivo AggreBind en la dosis de 5%, puesto que se ha demostrado la mejora que produce en la condición geomecánica de la subrasante y en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.

Palabras clave: AggreBind, pavimento flexible, subrasante, estabilización química.

Abstract

The research problem was: What are the effects of chemical stabilization of the subgrade with AggreBind for a flexible pavement on Avenida El Bosque 2022? The objective of the research was to determine the effects of the chemical stabilization of the subgrade with AggreBind for a flexible pavement on Avenida El Bosque 2022. The type of research of the research is applied with a quantitative approach and experimental design. To obtain the results, the characterization of the samples taken from the sub-grade of Av. El Bosque - SJL was carried out, in which 2 test pits distributed along the 2km of the avenue were prepared. The tests carried out were: granulometric analysis by sieving of the pits (C1 and C2) corresponds to a subgrade of silty sand (SM) according to SUCS and A-2-4(0) according to AASHTO, they are composed mostly of sand; liquid limit shows a content of 1.9% and 5.0% moisture; It does not present a plastic limit and plasticity and CBR index, obtaining a CBR of 14.3% from the natural subgrade, managing to increase to 21.4% at 3% additive, to 31.2% at 5% additive and finally to 30.0%. at 7% additive. It is concluded that the chemical stabilization of the subgrade using AggreBind causes significant improvements in the geomechanical condition of the subgrade and in the thicknesses of the flexible pavement at Avenida El Bosque 2022. The use of chemical stabilization of the subgrade with the AggreBind additive is recommended. in the dose of 5%, since the improvement it produces in the geomechanical condition of the subgrade and in the thicknesses of the flexible pavement on Avenida El Bosque 2022 has been demonstrated.

Keywords: AggreBind, flexible pavement, subgrade, chemical stabilization.

I. INTRODUCCIÓN

El primer capítulo de la investigación contiene la información general acerca de la estabilización de suelos con Aggrebind para el posterior desarrollo del cálculo de los espesores del pavimento flexible. Previamente se expone la problemática que nos conllevó a desarrollar el tema de investigación.

A nivel nacional en el Perú, según lo expone el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) de la cámara de comercio, la red vial peruana aproximadamente 15 496 km se encuentran conformadas por afirmado o trocha en estado malo, estos tienen un funcionamiento precario, lo cual no permite el tráfico seguro y confortable de vehículos (p. 34).

Al respecto Rico, Téllez, Garnica, Paul, y otros (1998) indican que uno de los motivos por los que se muestran los inconvenientes en la red vial se debe a que el suelo o subrasante no cumple con los requerimientos físicos y mecánicos establecidos. Al ser este la base fundamental de todo proyecto de construcción y de manera primordial en las vías, su estado es vital (p. 03).

En la provincia de Lima, según lo indica el Instituto Metropolitano de Lima (2016) se presentan vías en condiciones de regular a mala a nivel superficial, ocasionando así un malestar en la población y transportistas por lo que se exige una solución pronta (p.04).

Debido a los problemas presentados la presente investigación se justifica a nivel social y teórico, por lo cual se realiza la investigación, el planteamiento del problema general y específicos, la identificación de los objetivos a alcanzar a nivel general y específicos, la hipótesis general y específicas que se contrasta con el desarrollo de la investigación.

La avenida El Bosque, es una de las vías altamente transitadas, esto se ve reflejado en su deterioro actualmente. A lo largo de su infraestructura se muestran hundimientos y el desgaste de la vía lo que nos conlleva a buscar una alternativa de solución planteando propuestas ingenieriles.

La investigación se justifica teóricamente por la afirmación de Tesen, Willy (2021) la estabilización de suelos con el aditivo AggreBind es capaz de incrementar la capacidad de soporte de cualquier tipo de suelo por un factor de entre 4 a 6 veces,

posee además una resistencia a la tensión producto del entrelazado de cadenas del polímero de estireno acrílico de AggreBind. El producto del suelo con aditivo proporciona también impermeabilidad, que previene las fallas de las estructuras por acción del agua y/o heladas fuertes (p. 20)

Teniendo como justificación social que según Humpiri, (2018) la estabilización de la subrasante con el aditivo AggreBind permite mejorar la calidad de los pavimentos, lo cual conlleva a mejorar la condición de vida de los pobladores con una mejor transitabilidad de vehículos en la avenida El Bosque donde se evalúa la estabilización de subrasante con AggreBind para diseñar la estructura de un pavimento (p. 16).

Dada la problemática mostrada se formuló como el problema general: ¿Cuáles son los efectos de la estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?, y de la misma manera los problemas específicos de la investigación:

- **PE 1:** ¿Qué efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 3% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?
- **PE 2:** ¿Qué efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 5% de estabilización química de la subrasante con AggreBind en el pavimento flexible de la Avenida El Bosque 2022?
- **PE 3:** ¿Qué efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 7% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?
- **PE 4:** ¿Cómo influye la estabilización química de la subrasante con AggreBind en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?

El objetivo general de la investigación plantea: Determinar cuáles son los efectos de la estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022. Así mismo, los objetivos específicos buscan:

- **OE 1:** Identificar los efectos que produce la condición geomecánica de la subrasante al 3% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022
- **OE 2:** Demostrar que efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 5% de estabilización química de la subrasante con AggreBind en el pavimento flexible de la Avenida El Bosque 2022.
- **OE 3:** Determinar los efectos que produce la condición geomecánica de la subrasante al 7% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.
- **OE 4:** Identificar de qué manera influye la estabilización química de la subrasante con AggreBind en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.

Como la hipótesis general se afirma que: La estabilización química de la subrasante empleando AggreBind para un pavimento flexible tiene efectos en la eficiencia en la Avenida El Bosque 2022. Y las hipótesis específicas fueron:

- **HE 1:** La condición geomecánica de la subrasante al 3% de estabilización química de la subrasante con AggreBind produce efectos positivos para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022
- **HE 2:** La condición geomecánica de la subrasante al 5% de estabilización química de la subrasante con AggreBind mejora en el pavimento flexible de la Avenida El Bosque 2022
- **HE 3:** La condición geomecánica de la subrasante al 7% de estabilización química de la subrasante con AggreBind produce efectos positivos para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022
- **HE 4:** La estabilización química de la subrasante con AggreBind influye en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.

II. MARCO TEÓRICO

Para abordar el tema a investigar, se hará mención a las investigaciones previas a esta a modo de conocer el contenido de manera nacional e internacional y tener en consideración la información recopilada en estas. Por ello citamos los antecedentes nacionales:

- Arellan, y Oscoco (2021) diseñaron la estructura de un pavimento, posterior a la aplicación en la capa de la subrasante el polímero acrílico de estireno buscando alterar positivamente sus propiedades. Como objetivo general de los investigadores buscaron determinar cómo interviene al adicionar el polímero acrílico en la capa de la subrasante del pavimento. La investigación realizada fue aplicada, con el enfoque correlacional y metodología cuantitativa. Como resultado observaron que la capacidad de soporte mejoró notablemente al aplicar el compuesto de polímero acrílico de estireno en la subrasante, obteniendo un valor de CBR a diferencia del 43% del CBR patrón.

Arellan, y Oscoco (2021) por los resultados obtenidos en su investigación recomiendan realizar ensayos con otros aditivos o estabilizadores empleando una dosificación semejante.

- Ortiz (2021) En su investigación influencia del polímero AggreBind usado para mejorar las propiedades de la subrasante en Nuevo Chimbote. Tuvo de propósito la evaluación de la influencia de AggreBind al estabilizar la subrasante. El tipo de investigación aplica un enfoque cuasi experimental. En su resultado se refleja positivamente una mejora en la estabilización de la subrasante añadiendo AggreBind ya que su densidad seca máxima aumentó, como también la humedad óptima a través de una dosificación adecuada y la resistencia mecánica obteniendo un CBR de notable mejoría. Ortiz, (2021) Nos recomienda usar el AggreBind con dosificación mayores a 7L para evaluar su comportamiento.
- Castro y Medrano (2021) En su estudio realizado con la metodología AASHTO 93 para diseñar los componentes de un pavimento, el propósito de los autores fue determinar los componentes que conforman el pavimento utilizando como base la metodología AASHTO 93 en Pacasmayo. Como diseño de la investigación se observó que fue no experimental con enfoque

cuantitativo. Obteniendo en su resultado en capa de rodadura de 7 cm, la capa de material granular de 20 cm. y la subbase de 16cm. Nos recomienda realizar un adecuado estudio de tráfico para ver el comportamiento de las capas que se muestran y para diseñar el pavimento correspondiente con sus capas.

- Mena (2018) Realizó su investigación de mejoramiento del suelo adicionando estabilizador y Sellante de las vías no pavimentadas en la calle Morales Bermúdez. Tiene como propósito: los beneficios al incorporar la estabilización y sellante en el diseño de las vías no pavimentadas. El estudio realizado por el autor es de enfoque aplicada de nivel experimental. Como resultado de su investigación beneficia estructuralmente los suelos que no cuentan con superficie de rodadura como: la rigidez, compresibilidad, estabilidad, permeabilidad y geotécnicas. A la vez el CBR natural obtuvo 18.5%, al incorporar 2L-4L Y 6L de AggreBind aumentó el CBR a 41.2% - 31.3% y 28.9%.

Mena (2018) Afirma en su recomendación que AggreBind es un estabilizador y sellante para suelos plásticos y nos recomienda hacer pruebas en diferentes suelos que no cuenten con superficie de rodadura.

- Humpiri (2018) Realizó su investigación acerca del mejoramiento de pavimento flexible adicionando AggreBind para la estabilización del suelo. Tuvo como propósito la mejora del pavimento flexible, incorporando AggreBind para la estabilización de suelo en Chaclacayo. El estudio realizado tiene de carácter aplicada de nivel experimental. Como resultado demostró que al incorporar AggreBind en la estabilización del suelo mejora notablemente el pavimento flexible. Humpiri (2018) Recomienda hacer una preparación granular adicionando AggreBind para adquirir una buena resistencia.

Continuando con los antecedentes haremos mención a los antecedentes internacionales.

- Prada (2021) Su investigación se enfocó con la metodología AASHTO Y Racional para diseñar el pavimento y Racional. Tuvo como propósito diseñar

el pavimento flexible en la Municipalidad de Armero Guayabal por los métodos AASHTO y Racional y hacer una comparación de diseños más económicos entre ellos. El estudio realizado por el autor es de tipo aplicada de nivel experimental. En sus resultados por el método Racional no tiene en cuenta el factor climático y el Método AASHTO 93 da la desviación estándar, ejes equivalentes distribución de carril y otros. Nos recomienda que se debe realizar un sistema de drenaje para desviar la acumulación de agua en el transcurso de la construcción de la vía.

- Velasco, Ariza, y Castellanos (2019) En su investigación evaluación de los métodos de diseños en pavimentos flexibles. Tuvo como propósito analizar los componentes técnicos para el diseño del pavimento con métodos empíricos en carreteras colombianas y brasileras. Uso metodología de tipo descriptiva con enfoque cuantitativo. Como resultado obtuvo, que el diseño por el método colombiano (INVIAS) no tiene en cuenta la capa de relleno, como el diseño brasileño (DNIT). A la vez la carpeta asfáltica por el método INVIAS da un espesor mínimo como lo establece AASHTO en cambio DNIT no lo tiene en cuenta y perdura la estructura a base al tipo de suelo.

Buscando profundizar acerca de la teoría involucrada y desarrollar esta investigación más sintetizada y didáctica, líneas abajo describimos información de la variable dependiente e independiente:

El AggreBind, según McKinney de IIT (2014) el aditivo AggreBind es un polímero acrílico de estireno único, conformado por cadenas cruzadas, se creó con el propósito de ser eco amigable con el medioambiente y soluble en agua. La meta principal del AggreBind tuvo enfoque con el requerimiento ecológico y el uso in-situ.

El polímero AggreBind como estabilizante de suelos para caminos de tierra es rápida y fácil instalación, rentable, duraderos y de fácil mantenimiento, respetuoso del medio ambiente, porque no lo daña.

Su uso puede darse en caminos rurales, caminos secundarios y terciarios, con las materiales in situ, garantizando un aumento significativo de 4 a 6 veces la capacidad de soporte de carga, reduciendo el uso de agregados. En caminos en áreas montañosas, expuestas a la actividad sísmica y condiciones meteorológicas

extremas se recomienda como preparación el primer paso nivelar la superficie, retirar las piedras de más de 20mm de tamaño, luego asegurar el drenaje en el camino y solo colocar el AggreBind si no hay lluvia o escarcha dentro de las próximas 4 horas (p. 2).

El AggreBind tiene una capacidad de soporte y los baches del camino pueden ser reparados con herramientas manuales.

Como lo indica el autor el polímero AggreBind tiene características importantes enfocadas en mejorar las propiedades de la tierra.

Se puede definir como una estabilización al proceso de añadir un componente estabilizador con el fin de optimizar las características de la tierra como la densidad de la mezcla de agregados, mezcla de aditivos y la compactación apropiada.

Cuando se tratan los suelos se deben distinguir dos términos importantes como lo son la estabilización y modificación:

Según Molina, Bedoya y Ocampo (2016) la estabilización se basa en combinar la tierra con un porcentaje de estabilizante para ver los cambios de las propiedades químicas, las propiedades del suelo aumentan notablemente al adicionar el estabilizante. Por otro lado, la modificación es un procedimiento que conlleva al aplicar un porcentaje de estabilizante a la combinación con la arcilla como resultado reducirá la plasticidad y mejora positivamente el suelo.

Los estudios han evidenciado que hay varios métodos para realizar la estabilización y con resultados óptimos adicionando porcentajes pequeñas que mejora las características del suelo y una durabilidad del pavimento (Llano, Ríos y Restrepo 2020, p.187).

La normativa Nacional CE. 020 que expone las exigencias en cuanto refiere a las estabilizaciones en suelos (2012) indica que los suelos que se deben estabilizar son aquellos que han perdido su capacidad de carga, tienen deformaciones excesivas, expongan al riesgo la vida humana o de los bienes materiales y el ambiente.

Una de las estabilizaciones consideradas en esta normativa es la que se da por medio de método químicos, estas se aplican en los casos que:

- Los suelos no cumplan con la resistencia o deformación mínimos para el sustento de obras de ingeniería civil.
- Los suelos no se puedan emplear en sus condiciones naturales.
- No se puedan eliminar o reemplazar los suelos.

Los productos a utilizar para una estabilización deberán estar fabricados a base de compuestos que trabajen en forma eficiente beneficiando el medio ambiente (p. 08).

Los agentes de estabilización deben cumplir con la efectividad que indica la Tabla 18 (ver en anexos).

Según Castillo y Benites (2020) la base se encuentra debajo de la carpeta asfáltica que tiene como finalidad de soportar cargas para luego distribuir y transmitir a la subbase que está por debajo de la base. La base puede ser natural, quien lo conforma es el suelo y la mezcla de agregado, como también puede estar conformado con cal o cemento portland, esta mezcla se le llama base estabilizante. Ortiz (2017) nos menciona que la subbase es una capa conformada entre la base de material granular y la subrasante, y está compuesta por materiales más económicos que las otras capas, tiene como finalidad de facilitar el drenaje del agua.

Es de importancia de la investigación definir a la subrasante, según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014) afirma que:

Es la capa conformada por el suelo de fundación de la carretera, que se encuentra sujeta a procesos de corte, en algunos casos relleno y compactación. En el caso de pavimentos es la capa que resiste finalmente las cargas estructurales y está expuesta a deformaciones. Es la capa de fondo por el terreno natural, que soportará las demás que se encuentran por encima, que son capas verificadas y compactadas, trabajadas a nivel (p. 23).

La subrasante debe ser clasificada en función al % de CBR por lo cual está normado en el Manual de suelos y Pavimentos en la Tabla 19 (ver en anexos).

Según Montejo, Montejo, y Montejo, Alberto (2019) nombran a las propiedades de los suelos como condiciones de la tierra que usualmente se indaga a:

- La *estabilidad volumétrica*: Se relaciona a problemas con el suelo causado por la variación en la humedad, variaciones estacionales o con la actividad ingenieril.
- *Resistencia*: Varios de los métodos de la estabilización de los suelos carecen de poder al momento de demostrar su mejora en la resistencia ya sea por el contenido de materia orgánica y/o circunstancias desafortunadas,
- *Permeabilidad*: Para influir en la permeabilidad los métodos de estabilización deben estar completamente separados de los métodos diseñados para cambiar la estabilidad o la resistencia del volumen.
- *Compresibilidad*: Se da por la compresión recibida que modifica fuertemente la compresibilidad del suelo. Sin embargo, hay otros métodos de estabilizar que afecta la compresibilidad.
- *Durabilidad*: Esta propiedad se refiere a la capacidad de resistencia del suelo frente a los diferentes agentes naturales como el intemperismo, la erosión y el tráfico. Por esto, los problemas presentados por esta propiedad dentro de la estructura de carreteras están relacionados a las características presentadas en los suelos cercanos de la rodadura (p. 16).

Lozano (2015) nos menciona en este estudio se requiere el análisis de tráfico de la clasificación y número de vehículos por el manual, esto puede ser de diferentes tipos como: buses, camiones, autos, tráiler y otros que se adjuntara la información presentada en la vía por el estudio realizado (p.10).

Según Barreto, Banguera y Córdova (2018) los ejes equivalentes (ESAL) se desarrolla por medio de carga obteniendo los datos recolectados por la AASTHO con los porcentajes de vehículos. El (ESAL) influye en el comportamiento del pavimento flexible a través de los pesos que transmite los ejes.

La normativa ASTM D – 1883, AASHTO T-193, MTC E 132-2000 según Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016), nos describe al ensayo de California Bearing Ratio (CBR) uno de los principales a utilizar en una estabilización de suelos y siendo su objetivo principal: Determinar cual es la capacidad de resistencia del suelo estudiado y preparado en el laboratorio en condiciones provocadas como la adición de agua para estudiar su característica de humedad y densidad, de la

misma manera se puede operar las muestras sin ser alteradas, tomadas tal cual in situ (p.248).

La normativa ASTM D 420 según Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) el muestreo de suelos se basa en métodos de extracción para determinar las condiciones de los suelos y rocas. Con los ensayos adecuado el muestreo de suelos y rocas brindará información de las propiedades estudiadas en un laboratorio para determinar los índices de plasticidad, la permeabilidad del suelo y su peso unitario. (p. 14).

Según Braja (2015) en el análisis granulométrico se toma porción medida del suelo que se hará pasar por las mallas que se retendrá una porción pequeña en cada malla para determinar el porcentaje de finos (p. 22). Se muestra los números establecidos de las mallas a utilizar en la Tabla 20 (ver en anexos).

Para Alva (2013), los límites Atterberg se emplea al observar los rangos y límites de contenido húmedo de suelos cohesivos en vez de la densidad, los valores a utilizar son:

e_{max} y e_{min} en suelos granulares y los presentamos en la Tabla 21 (ver en anexos).

En las pautas metodológicas para alternativas técnicas de pavimentos en PIP carreteras del Ministerio De Economía y Finanzas (2015) definen el pavimento como la estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir las cargas generadas por los vehículos que transitan y mejoran las condiciones de seguridad y comodidad (p. 13)

El pavimento flexible es un tipo de pavimento que se encuentra conformado por una base, subbase y una capa en la superficie conocida como la capa asfáltica, esta última se apoya en la base y subbase (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015 pág. 14).

La estructura del pavimento flexible principalmente consta de varias capas que se mostrarán en la Figura 1 (Ver en anexos).

Según Rondón y Reyes (2015), la capa granular es parte de la estructura del pavimento tiene como propósito soportar cargas de los vehículos y distribuirlos a la subrasante. La finalidad es de reducir las deformaciones y ahuellamientos.

Según Coronado (2002), los elementos que integran el pavimento flexible son: la subrasante, subbase y base. Siendo la subrasante la capa que soporta la estructura del pavimento, la subbase cumple la función de transmisión uniforme de las cargas que se aplican a la rodadura del pavimento y finalmente la base que tiene como función transmitir las cargas a las dos primeras capas mencionadas (p. 02-04).

Entre los métodos que existen para el diseño de espesores en pavimentos flexibles, se encuentran: La metodología AASHTO – 1993 y la metodología del instituto del asfalto. Teniendo para el método AASHTO la siguiente fórmula:

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{\frac{0.40 + 1094}{(\text{SN} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

Las variables a considerar en esta metodología son: la variable en función del tiempo la cual toma en cuenta al período de diseño y la vida útil del pavimento, la variable en función del tránsito, confiabilidad (R), subrasantes expansivas, criterios para determinar la serviciabilidad, propiedades de los materiales, drenajes y determinación del número estructural requerido (p. 05).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

Tipo de investigación

Según Rivera (2020) El tipo de investigación aplicada, se enfoca en la práctica de los conocimientos teniendo un objetivo que investigar y se enlazan con la investigación básica. Con lo cual dependen de los resultados analizados e investigados (p. 32)

En la investigación se usó la investigación aplicada como manifiesta en sus objetivos, se realizaron con el fin de indagar y modificar la realidad problemática ya que, el fin fue mejorar la transitabilidad, el comercio y la calidad de vida de la población.

Enfoque de la investigación

Según Borja, (2012) El enfoque de la investigación cuantitativa busca ser objetivo y conocer la realidad, con la información de la recolección de datos y el análisis adecuado busca responder las preguntas de investigación, este uso de investigación determina una o varias hipótesis, Por lo consiguiente los resultados que favorece a la hipótesis, brinda confiabilidad en la teoría sustentada, en caso contrario se descarta la hipótesis y la teoría (p. 54).

El enfoque usado es la investigación cuantitativa ya que busca conocer la problemática, y medir las variables para comprobar las hipótesis a través de la recolección de datos y análisis de los resultados de laboratorio.

El diseño de la investigación

Según Rivera (2020) El diseño de una investigación experimental consiste en generar informaciones a través del desarrollo de los investigadores con el fin de averiguar y manipular la variable experimental y examinar las reacciones que origina (p. 46).

Se considero que es una investigación de diseño experimental como lo menciona el autor una de las variables no es manipulada mientras la otra si lo es, a treves de los análisis de ensayos de laboratorios se busca comprender la causa - efecto y dar alternativas de solución a la investigación.

Nivel de la investigación

Según Espinoza (2014) El nivel de investigación es explicativa como su propio nombre lo menciona explica a bases de presunciones teóricas con el propósito de buscar la relación de causa y efecto que se origina en las variables de la investigación (p. 87).

Por lo ya expuesto, la presente investigación tiene un nivel explicativo, porque se busca explicar la influencia en las propiedades de la subrasante con la adición del polímero AggreBind en la avenida El Bosque.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable independiente: Estabilización química de la subrasante con AggreBind

Estabilización química de la subrasante con AggreBind: es el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo, mediante la incorporación de un compuesto químico (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2004 pág. 09).

El uso de aditivo Aggrebind en la estabilización química de la subrasante, permite resolver los problemas de la plataforma terrea deformada en la carretera producido por la lluvia, los baches y hundimiento. Estos involucran el uso de un aditivo en este caso el Aggrebind como la alternativa de solución que no es dañina, asimismo, es amigable con el medio ambiente, considerando una dosificación adecuada, para mejorar el diseño del pavimento flexible.

Variable dependiente: Pavimento Flexible

Se define conceptualmente como un tipo de pavimento formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra (Monsalve Escobar, y otros, 2012 pág. 23).

Se desarrollará el diseño del pavimento flexible considerando las variaciones de la condición geomecánica de la subrasante al ser estabilizado en diferentes

porcentajes (3%, 5% y 7%), con esta información podremos determinar los espesores del pavimento flexible.

3.3. Población, muestra, muestreo:

Población

Según Ñaupas, Valdivia, Palacios y Romero (2018) la población es el total del grupo de elementos que forma parte del estudio de investigación, pueden ser números de personas, lugares, viviendas y otros (p. 334). En la investigación realizada se ha tomado como población la avenida El Bosque, San Juan de Lurigancho.

Muestra

Según Gómez (2019), Muestra es una pequeña parte del total de la población, que se analiza y recolecta datos e informaciones para la investigación (p. 75). En esta investigación la muestra es la subrasante de la avenida El Bosque, la zona estudiada es de 2 kilómetros.

Muestreo

Es un método que se basa en estadísticas- matemáticas para extraer una porción de información de la muestra y esta de la población con la finalidad de recolectar datos de la investigación. (Gallardo Echenique, 2017, p. 64)

Según Rivera (2020) El muestreo no probabilístico es una selección pequeña donde sus análisis va depender de las propiedades, características y criterios de la experiencia de los investigadores por lo consiguiente el muestreo no probabilístico no todas las unidades de la población son seleccionadas para la investigación (p. 49). En la investigación hemos considerado el muestreo no probabilístico en la adición de AggreBind en la subrasante de la avenida El Bosque, San Juan de Lurigancho porque se tomará muestras aleatorias del conjunto de la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014) La técnica de recolección de datos son instrumentos para recabar información de la muestra, los datos obtenidos son por medio de la técnica de la observación, encuestas, documentaciones (p. 152).

Los instrumentos son herramientas indispensables en el proceso de la investigación y nos sirve como ayuda para alcanzar los resultados requeridos (Muñoz 2015, p. 222).

Para la investigación se utilizó la recopilación de informaciones en el ámbito de campo por medio de la inspección visual, fotografías, extracción de muestras (calicatas). Por medio de gabinete el procesamiento de los datos obtenidos en los resultados de los ensayos de laboratorio.

3.5 Procedimientos

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018), es una secuencia de la investigación que tiene la finalidad de organizar ordenadamente las informaciones obtenidas para analizar e interpretar.

El desarrollo de la investigación sigue el siguiente orden de procedimientos:

- Investigación y recopilación de datos acerca del AggreBind.
- Análisis de la dosificación del AggreBind como estabilizante usado en estudios anteriores.
- Determinación de las propiedades de las muestras estabilizadas a ser estudiadas.
- Reconocimiento del lugar de aplicación de la estabilización y análisis de las deficiencias en la avenida El Bosque San Juan de Luriganchó.
- Identificación de los puntos a lo largo de los 2 kilómetros en las cuales se extrae la muestra del suelo o subrasante, haciendo excavaciones de calicatas según la normativa vigente.
- Procesamiento en el laboratorio de suelos, mediante los ensayos de laboratorio normados en el manual de ensayo de materiales.

- Los ensayos de laboratorio se realizan a partir de una muestra patrón la cual no será estabilizada y otra la adición del AggreBind en distintas proporciones.
- Evaluación de los datos arrojados en los informes del laboratorio en los que se verán la influencia en las propiedades del suelo con AggreBind.
- Cálculo de los espesores del pavimento flexible con la normativa AASHTO 93 en la avenida El Bosque.
- Finalmente se interpretan los resultados y se realiza el contraste con las teorías de los antecedentes presentados en la investigación. Del mismo modo se redactan las conclusiones y las recomendaciones para los futuros investigadores.

3.6 Método de análisis de datos

Según Peña (2017), el análisis de datos es la secuencia de la investigación que se procede a analizar e interpretar informaciones obtenidas en forma ordenada.

En la investigación, el método del procesamiento que se utilizó fue de estudios de procesos estadísticos y característicos.

Se realizó la investigación de los beneficios que brinda la utilización del AggreBind como agente estabilizador de los suelos, teniendo en cuenta los estudios realizados previamente. La información recolectada sobre el AggreBind es revisada detalladamente y se determina la nueva dosificación con el aporte obtenido de los antecedentes relacionados a la investigación.

Las cifras recopiladas se ordenan en cuadros de datos estadísticos, asimismo gráficos para verificar sus variaciones, porcentajes y diferencias de valores.

3.7 Aspectos éticos

Esta investigación es importante por sus principios éticos presentados por los investigadores, que cumplen con los valores de la honestidad, veracidad y autenticidad, las cuales afirman que las reseñas existentes, no han sido manipuladas, los estudios y resultados obtenidos recogidos posterior a los ensayos son verídicos y verificables, pudiendo ser contrastados con otros libros, artículos e investigaciones similares al tema estudiado.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

4.1.1. Caracterización de la subrasante

Se realizó la caracterización de las muestras tomadas de la sub-rasante de la Av. El Bosque - SJL, en el cual se prepararon 2 calicatas distribuidas a lo largo de los 2km de la avenida, que se estableció como muestra de la presente investigación. Los ensayos realizados fueron: análisis granulométrico por tamizado, limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad; además del Proctor modificado y CBR.

La siguiente tabla nos muestran las granulometrías obtenidas de las muestras, igualmente la figura mostrada líneas abajo presenta la curva granulométrica obtenida de tales datos.

Tabla 1. Granulometría de las muestras de subrasante

Tamices normalizados	Calicata - N1		Calicata - N2	
	P. retenidas	% pasante	P. retenidas	% pasante
1 1/2"	-	100.0	-	100.0
1"	-	100.0	31.3	97.8
3/4"	-	100.0	24.8	96.1
3/8"	43.5	96.4	36.9	93.5
Nº4	82.3	89.6	54.8	89.7
Nº10	137.7	78.1	125.8	80.8
Nº20	192.0	62.2	148.0	70.5
Nº40	225.3	43.5	147.1	60.2
Nº60	160.9	30.2	132.7	50.9
Nº140	161.6	16.8	307.3	29.4
Nº200	50.8	12.5	53.0	25.7
-	151.1		366.9	
Total	1205.1		1428.6	

Fuente: Elaboración propia

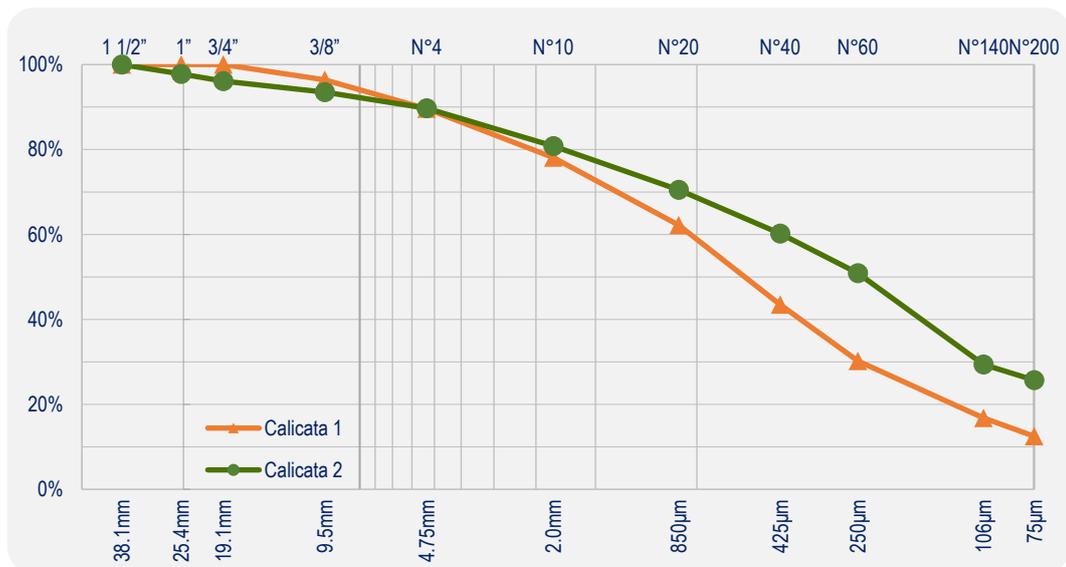


Gráfico 1. Curva granulométrica de las muestras de subrasante

Fuente: Elaboración propia

Consiguientemente, la tabla indica que las muestras estudiadas de las calicatas (C1 y C2) corresponden a una subrasante SM Arena limosa según SUCS y A-2-4(0) según AASHTO, estas muestras se componen en su mayoría por arenas que no garantizan capacidad de soporte. Además, las muestras no presentan índice de plasticidad y mostraron una humedad de 1.9% y 5.0% respectivamente.

Tabla 2. Caracterización de las muestras de subrasante

Caracterización	Calicata - N1	Calicata - N2
Muestra	M-1	M-1
SUCS	SM (Arena limosa)	
AASHTO	A-2-4 (0)	
Índice de plasticidad	NP	
Porcentaje de gravas (%)	10.4	10.3
Porcentaje de arenas (%)	77.0	64.0
Porcentaje de finos (%)	12.5	25.7
Contenido de humedad (%)	1.9	5.0

Fuente: Elaboración propia

De igual manera, la tabla posterior presenta los valores de OCH, MDS y CBR obtenidos de las muestras de C1 y C2, indicando que se obtuvieron valores de OCH de 9.2% y 8.0% respectivamente, de MDS de 2.048 gr/cm³ y 2.087 gr/cm³ respectivamente. Y con respecto al

valor de soporte se puede apreciar que la calicata 1 alcanzó un CBR de 27.3% y la calicata 2 un CBR de 14.3%.

Tabla 3. *Valor de soporte de las muestras de subrasante*

Caracterización	Calicata - N1	Calicata - N2
Muestra	M-1	M-1
Proctor modificado		
Óptimo contenido de humedad (%)	9.2	8.0
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.048	2.087
CBR 0.1" de penetración; 95% MDS (%)	27.3	14.3

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Análisis de las variaciones en el valor de soporte

Consecuentemente, con el objeto de analizar los valores de soporte, cuantificados en el valor de CBR (California Bearing Ratio) de las muestras de sub-rasante, se elaboró la siguiente tabla, que muestra los valores de CBR (al 95% de la MDS y 0.1" de penetración) de la sub-rasante natural y con Aggrebind (3%, 5% y 7%).

Observándose, que la estabilización química de la sub-rasante empleando el aditivo Aggrebind logra satisfactoriamente que el valor de CBR se incremente de forma relevante, puesto que la tabla siguiente indica que la sub-rasante natural presenta CBR de 14.3%, logrando aumentar a un 21.4% al 3% de aditivo, a un 31.2% al 5% de aditivo y finalmente a un 30.0% al 7% de aditivo.

Tabla 4. *CBR de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.*

Caracterización	Valor de CBR	Variación
Sub-rasante natural	14.3	0.0%
Sub-rasante +3% Aggrebind	21.4	+49.7%
Sub-rasante +5% Aggrebind	31.2	+118.2%
Sub-rasante +7% Aggrebind	30.0	+109.8%

Fuente: Elaboración propia

Además, se preparó a figura siguiente, en la que se puede apreciar que la tendencia del CBR se define por la ecuación polinómica " $CBR = -0.2212x^2 + 4.0176x + 13.749$ " donde "x" representa la dosis del aditivo,

Asimismo, se destaca claramente que el valor más alto obtenido corresponde a la sub-rasante con 5% de aditivo.

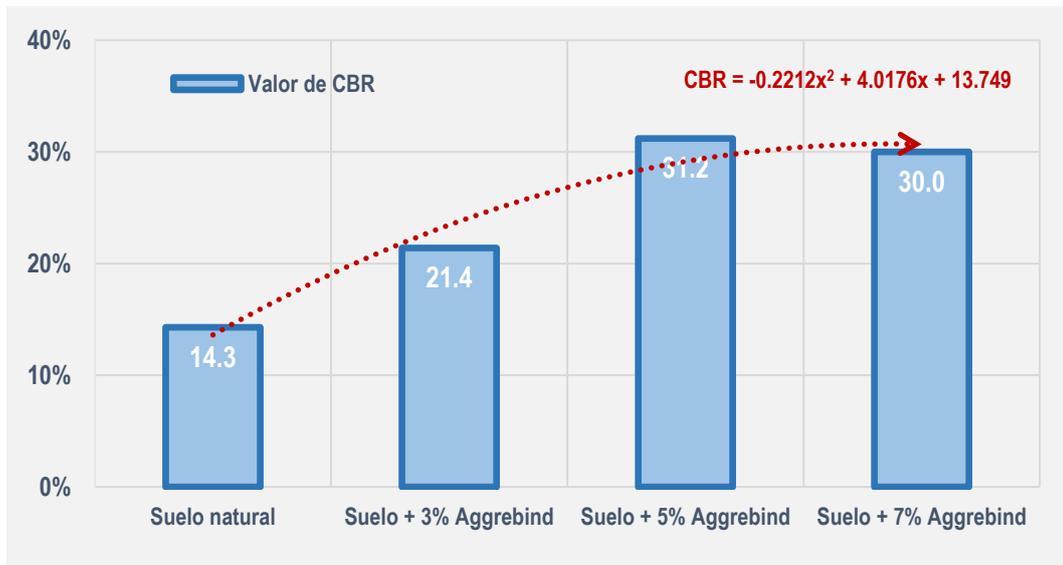


Gráfico 2. CBR de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, la figura posterior muestra las variaciones que sufre el valor de CBR en relación a la subrasante natural, donde el mayor incremento corresponde al +118.2% en la muestra con 5% de aditivo.

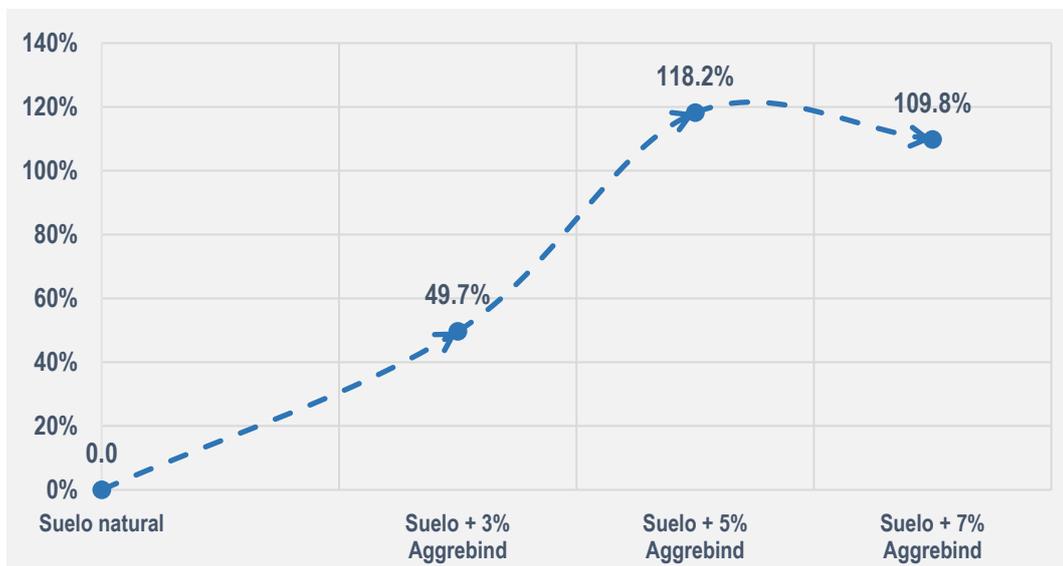


Gráfico 3. Variación del CBR de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Diseño del pavimento flexible

El diseño del pavimento flexible se realizó bajo la metodología de AASHTO 93, para tal operación se necesitó el Nrep de EE_{8.2tn} (ESAL), el cual fue obtenido del procesamiento de los datos del conteo vehicular realizado y los módulos de resiliencia de la subrasante, que fueron calculados por fórmula a partir de los valores de CBR obtenidos. En ese sentido en los subtítulos siguientes se describe los procedimientos realizados y los resultados obtenidos.

Nrep de EE_{8.2tn} (ESAL)

El Número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2tn, o W18, se determinó bajo la siguiente secuencia.

Se realizó el conteo vehicular los 7 días de la semana durante las 24 horas del día, la estación estuvo ubicada al inicio del tramo muestral y se realizó el conteo de vehículos ligeros y pesados en ambas direcciones (según la configuración vehicular establecida por el MTC). Los datos obtenidos se transcribieron en gabinete obteniéndose la siguiente tabla, que indica un total de 13266 vehículos, de los cuales 85.2% corresponde a los vehículos ligeros (11308) y 14.8% corresponde a los vehículos pesados (1958).

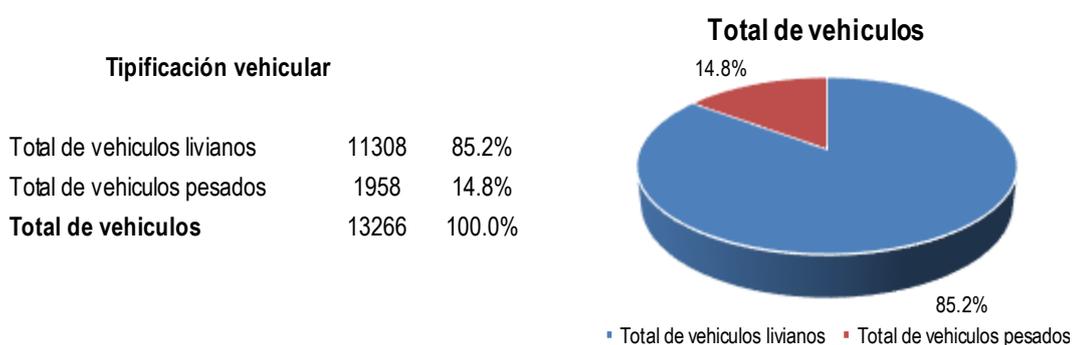


Gráfico 4. Tipificación de vehículos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Resumen de aforo del tráfico.

Medio de transporte	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	%
Vehículos ligeros VL									
Motos	393	734	726	634	555	360	225	3627	27.3%
Automóviles	1158	1000	989	997	1012	1096	1217	7469	56.3%
Camionetas	20	28	20	19	18	18	25	148	1.1%
Camioneta rural	7	7	6	2	2	4	6	34	0.3%
Micro / Combi	1	6	5	5	3	5	5	30	0.2%
Total de VL	1579	1775	1746	1657	1590	1483	1478	11308	85.2%
Vehículos pesados VP									
B2	2	0	2	0	1	0	2	7	0.1%
B3								0	0.0%
C2	265	230	235	229	241	247	253	1700	12.8%
C3	11	33	12	10	14	29	23	132	1.0%
C4								0	0.0%
T2S2	0	16	7	5	6	9	12	55	0.4%
T3S3	0	18	5	5	10	12	14	64	0.5%
Total de VP	278	297	261	249	272	297	304	1958	14.8%
TOTAL DE VEHÍCULOS	1857	2072	2007	1906	1862	1780	1782	13266	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se procedió al cálculo del Tránsito medio diario semanal (TMDS), el cual se rige bajo la siguiente fórmula:

$$TMDS = \frac{TS}{7}$$

Donde:

TMDS : Transito Medio Diario Semanal
 TS : Transito durante una semana

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla, donde se indica además que el TMDS es igual a 1895 vehículos/día.

Tabla 6. *Tránsito medio diario semanal (TMDS).*

TRANSITO MEDIO DIARIO SEMANAL (TMDS)								
Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	TMDS
1857	2072	2007	1906	1862	1780	1782	13266	1895

Fuente: Elaboración propia

De igual forma, se realizó el cálculo del Tránsito medio diario anual (TMDA), que es determinado por las siguientes fórmulas:

$$TMDA = TMDS \pm K\sigma \qquad TMDA = TMDS \pm K \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Donde:

TMDA : Transito Medio Diario Anual
 TMDS : Transito Medio Diario Semanal
 K : Número de desviación estándar
 σ : Estimación de desviación estándar poblacional
 S : Estimación de desviación estándar muestral
 N : Número de días al año
 n : Número de días a la semana

Teniendo en consideración que K es igual a 1.96 (nivel de confiabilidad de 95%). Se llegó a obtener que TMDA es igual a 1963 vehículos/día, según lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 7. Tránsito medio diario anual (TMDA).

TRANSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA)		
Confiabilidad		1.64
Estimación de desviación estándar muestral	(S)	109.94
Estimación de desviación estándar muestral	(σ)	41.21
Transito Medio Diario Anual	TMDA _{max}	1963
	TMDA _{min.}	1827
TMDA	1963	veh/día

Fuente: Elaboración propia

Las proyecciones del tránsito de los vehículos plantean un horizonte considerando el planeamiento, los procesos de aprobación, licitación y ejecución de obra y para el periodo de vida útil de la obra, por lo tanto, el número de años para la proyección del tráfico, es de 20 años. Con relación a la razón de crecimiento, no se cuenta con registros del flujo de tránsito por años, pero considerando que la avenida en estudio, es una vía que asumirá un porcentaje destacado del tránsito actual, y estimando que la tasa de crecimiento vehicular una vez pavimentada sea del 5% anual. Así como lo indica la siguiente fórmula.

$$TMDA_n = TMDA_i \times (1 + r)^n$$

Donde:

- TMDAn : Transito Medio Diario Anual en el año n
- TMDAi : Transito Medio Diario Anual inicial
- r : Razón de crecimiento anual
- n : Número de años a partir del año inicial

En tabla siguiente se indica la proyección del Tránsito medio diario anual para los diferentes años de vida útil del proyecto:

Tabla 8. Tránsito medio diario anual (TMDA), para “n” años.

		TMDAn									
TMDAi	Año 0	Periodo de diseño (10 años)									
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
2022	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5	n = 6	n = 7	n = 8	n = 9	n = 10	
1963	2061	2164	2272	2386	2505	2631	2762	2900	3045	3198	
		Periodo de diseño (20 años)									
2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	
n = 11	n = 12	n = 13	n = 14	n = 15	n = 16	n = 17	n = 18	n = 19	n = 20	n = 21	
3357	3525	3702	3887	4081	4285	4499	4724	4960	5208	5469	

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se procedió a calcular el Tránsito vehicular acumulado (TVA), en conformidad a la siguiente fórmula:

$$TVA = TV_i \times \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$$

Donde:

- TVA : Tránsito acumulado de vehículos de n años
- Tvi : Tránsito de vehículos en el año inicial
- r : Razón de crecimiento anual (r=5%)
- n : Número de años del tráfico acumulado

Con tal especificación, y considerando una razón de crecimiento anual del 5%, se alcanzaron los resultados, que se presentan a continuación.

Tabla 9. Tráfico vehicular acumulado (TVA), para “n” años.

TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO EN 10 AÑOS					
TMDA inicial	# Veh. inicial	TMDA final	# Veh. final	Periodo de diseño (n)	# Veh. acum.
2022	2022	2032	2032		2032
2061	752,265	3357	1,225,305	10	9,887,850
TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO EN 20 AÑOS					
TMDA inicial	# Veh. inicial	TMDA final	# Veh. final	Periodo de diseño (n)	# Veh. acum.
2022	2022	2042	2042		2042
2061	752,265	5469	1,996,185	20	27,484,500

Fuente: Elaboración propia

Con lo que se puede, afirmar que el índice medio diario es igual a 1963 vehículos/día, en conformidad a los cálculos presentados.

Tabla 10. *Índice medio diario (IMD).*

INDICE MEDIO DIARIO (IMD)		
IMD	1963	veh/día

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se estableció el factor de corrección diaria, factor reajustará la cantidad de vehículos por día. Según la siguiente formula.

$$FD = \frac{TMDS}{TD}$$

De esta forma, se alcanzaron los factores de corrección diaria mostrados, líneas abajo.

Tabla 11. *Factor de corrección diaria (FD).*

Día	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
TDi	1857	2072	2007	1906	1862	1780	1782
TMDS	1895	1895	1895	1895	1895	1895	1895
FD	1.020	0.915	0.944	0.994	1.018	1.065	1.063

Fuente: Elaboración propia

Con tales factores se corrigen el aforo del tráfico, como se detalla en la siguiente tabla de resumen.

Tabla 12. Resumen de aforo del tráfico, corregido por factor de corrección diaria.

Medio de transporte	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total	%
Vehículos ligeros VL									
Motos	401.04	671.30	685.49	630.34	564.84	383.26	239.27	3575.53	27.0%
Automóviles	1181.70	914.58	933.81	991.25	1029.94	1166.81	1294.17	7512.24	56.6%
Camionetas	20.41	25.61	18.88	18.89	18.32	19.16	26.59	147.86	1.1%
Camioneta rural	7.14	6.40	5.67	1.99	2.04	4.26	6.38	33.87	0.3%
Micro / Combi	1.02	5.49	4.72	4.97	3.05	5.32	5.32	29.89	0.2%
Total de VL	1611.31	1623.37	1648.57	1647.44	1618.18	1578.81	1571.72	11299.40	85.2%
Vehículos pesados VP									
B2	2.04	0.00	1.89	0.00	1.02	0.00	2.13	7.07	0.1%
C2	270.42	210.35	221.89	227.68	245.27	262.96	269.04	1707.61	12.9%
C3	11.23	30.18	11.33	9.94	14.25	30.87	24.46	132.26	1.0%
T2S2	0.00	14.63	6.61	4.97	6.11	9.58	12.76	54.66	0.4%
T3S3	0.00	16.46	4.72	4.97	10.18	12.78	14.89	63.99	0.5%
Total de VP	283.69	271.63	246.43	247.56	276.82	316.19	323.28	1965.60	14.8%
TOTAL DE VEHÍCULOS	1895.0	13265.0	100.0%						

Fuente: Elaboración propia

De forma seguida, con el aforo del tráfico corregido se procede a hacer el ajuste estacional, por medio de los factores de ajuste estacional para vehículos pesados y livianos. Tales factores de corrección fueron recopilados del anexo SNIP 09, con respecto a la estación de Peaje más cercana al punto de investigación, es que el peaje PVN Ramiro Priale, y el mes cuando se realizó el conteo vehicular, octubre. Como lo presentan los datos y la tabla siguiente.

Estación : Av. El Bosque
 Ubicación : SJL (Lima ESTE)
 Peaje PVN : Ramiro Priale
 Mes de estudio : Octubre
 Factor de ajuste : Vehículos pesados FC=0.907958
 Vehículos livianos FC=0.996099

Tabla 13. *Resumen de aforo del tráfico, corregido por factor de ajuste estacional.*

Medio de transporte	Total	Total corregido
Vehículos ligeros VL		
Motos	3575.53	3561.58
Automóviles	7512.24	7482.94
Camionetas	147.86	147.28
Camioneta rural	33.87	33.74
Micro / Combi	29.89	29.78
Vehículos pesados VP		
B2	7.07	6.42
C2	1707.61	1550.44
C3	132.26	120.09
T2S2	54.66	49.63
T3S3	63.99	58.10
Total de vehículos	13265.00	13040.00

Fuente: Elaboración propia

Además, se calcula el Índice medio diario anual (IMDA), según el IMD anteriormente calculado, los resultados se presentan por vehículos y en total se muestra 716495 vehículos.

Tabla 14. Índice medio diario anual (IMDA).

Medio de transporte	Aforo vehicular	IMD	IMDA
Vehículos ligeros VL			
Motos	3561.58	529	193085
Automóviles	7482.94	1112	405880
Camionetas	147.28	22	8030
Camioneta rural	33.74	5	1825
Micro / Combi	29.78	4	1460
Vehículos pesados VP			
B2	6.42	1	365
C2	1550.44	253	92345
C3	120.09	20	7300
T2S2	49.63	8	2920
T3S3	58.10	9	3285
Total de vehículos	13040.00	1963	716495

Fuente: Elaboración propia

Se calcularon las tasas de crecimiento vehicular K_r para vehículos pesados y livianos, según las siguientes expresiones.

$$K_r = \frac{(1+r)^{n-1}}{r} \quad K_{VL} = \frac{(1+r_{pob})^{n-1}}{r_{pob}} \quad K_{VP} = \frac{(1+r_{PBI})^{n-1}}{r_{PBI}}$$

Donde:

- K_{VL} : Tasa de crecimiento vehicular livianos
- K_{VP} : Tasa de crecimiento vehicular pesados
- r_{pob} : Tasa de crecimiento anual de la población
- r_{PBI} : Tasa de crecimiento anual del PBI de la región

Considerando un periodo de diseño de 20 años y según el INEI en el censo nacional XII de población y VII de vivienda (realizado el 2017), para Lima arroja una tasa de crecimiento 2007 – 2017 de 1.2% poblacional y 3.3% en el PBI.

Tabla 15. Tasa de crecimiento vehicular (Kr).

TASA DE CRECIMIENTO VEHICULAR (Kr)		
Periodo de diseño	n	20
Tasa de crecimiento de vehículos livianos	$K_{r(VL)}$	22.4529
Tasa de crecimiento de vehículos pesados	$K_{r(VP)}$	27.7056

Fuente: Elaboración propia

Se determino también el factor de ajuste por presión (Kp), que fueron calculados teniendo en consideración los ejes según la configuración vehicular para los vehículos pesados (para vehículos livianos se considera 0.0001). Empleándose los factores de ajuste de 0.1416 para camiones, de 0.0864 para semi remolque, de 0.0955 para remolques y de 0.3333 para buses. Llegando a los valores siguientes.

Tabla 16. Factor ajuste de presión (Kp).

FACTOR AJUSTE DE PRESIÓN (Kp)										
Medio de transporte	Long. máx.	Número de ruedas						Total	Total	
		Eje simple delante	Eje simple posterior			Eje tándem				Eje trídem
			1° eje	2° eje	3° eje	1° eje	2° eje			
B2	13.20	2	4					6	1.9998	
C2	12.30	2	4					6	0.8496	
C3	13.20	2				8		10	1.4160	
T2S2	20.50	2	4			8		14	1.2096	
T3S3	20.50	2				8	12	22	2.1010	

Fuente: Elaboración propia

Consecutivamente, se calculó el Número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.12tn o ESAL, como el producto del IMDA, los Ejes equivalentes (calculado según lo indicando en el Manual de carreteras, sección de suelos y pavimentos), la Tasa de crecimiento vehicular y el Factor ajuste de presión. Como se resume en la siguiente tabla, y que indica es igual a 12415203 es decir poco más de 12.42 millones.

Tabla 17. ESAL (Equivalent Standar Axle Load).

Medio de transporte	IMDA	Ejes equivalentes	Kr	Kp	ESAL
Vehículos ligeros VL					
Motos	193085.0	0.0001	22.4529	1.0000	433.53
Automóviles	405880.0	0.0001	22.4529	1.0000	911.32
Camionetas	8030.0	0.0001	22.4529	1.0000	18.03
Camioneta rural	1825.0	0.0001	22.4529	1.0000	4.10
Micro / Combi	1460.0	0.0001	22.4529	1.0000	3.28
Vehículos pesados VP					
B2	365.0	4.5037	27.7056	1.9998	91077.63
C2	92345.0	4.5037	27.7056	0.8496	9789492.69
C3	7300.0	3.2846	27.7056	1.4160	940661.33
T2S2	2920.0	6.5229	27.7056	1.2096	638308.27
T3S3	3285.0	4.9906	27.7056	2.1010	954293.70
Determinación de ESAL					12415203.88

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se determina W_{18} con los factores FC (Factor carril) y FD (Factor direccional). Como se muestra en la siguiente tabla, el resultado fue de 12.42×10^6 .

Tabla 18. W_{18} (Equivalent Standar Axle Load).

W_{18} (Equivalent Standar Axle Load)		
Factor direccional	FD	1.0
Factor carril	FC	1.0
Número de repeticiones de ejes equivalente a 8.2tn	W_{18}	12415203.88
	W_{18}	12.42×10^6

Fuente: Elaboración propia

Módulo de resiliencia de las muestras de suelo

Finalmente, se realizó el cálculo del módulo resiliente en relación a los valores de CBR, en conformidad a la fórmula de correlación de CBR-MR emitida por TRRL y adoptada en el año 2002 por AASHTO, la fórmula se define como $Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$, expresándose el Mr en unidades psi. En ese sentido se obtuvieron los valores de Mr que se muestran en la tabla a continuación.

La siguiente tabla muestra cómo el módulo resiliente de la sub-rasante se incrementa convenientemente, por la estabilización química al emplear el aditivo Aggrebind, mostrando que la sub-rasante natural presenta Mr de 14022psi, logrando aumentar a 18149psi al 3% de aditivo, a 23102psi al 5% de aditivo y finalmente a 22529psi al 7% de aditivo.

Tabla 19. *Módulo de resiliencia de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.*

Caracterización	Mr	Variación
Sub-rasante natural	14022.0	0.0%
Sub-rasante +3% Aggrebind	18149.0	+29.4%
Sub-rasante +5% Aggrebind	23102.0	+64.8%
Sub-rasante +7% Aggrebind	22529.0	+60.7%

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se elaboró a figura siguiente, donde se observa que la tendencia del Mr es determinada por la ecuación polinómica " $Mr = -132.2x^2 + 2250.2x + 13755$ " donde "x" representa la dosis del aditivo, Además, resalta visiblemente que el valor más alto alcanzado corresponde a la sub-rasante con 5% de aditivo.

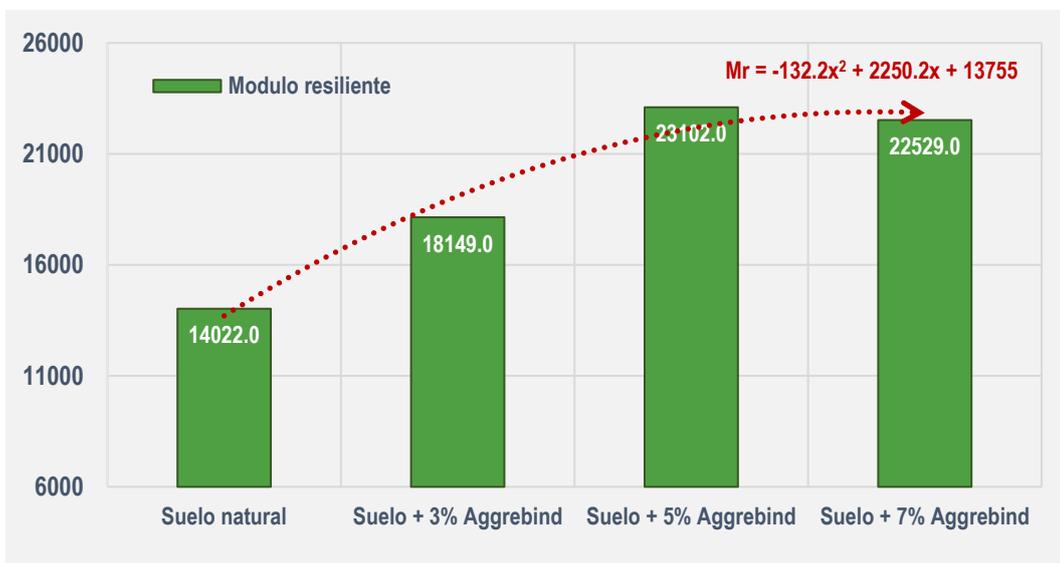


Gráfico 5. *Módulo de resiliencia de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.*

Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente, la figura siguiente representa gráficamente las variaciones que sufre el Mr en relación a la subrasante natural, donde el mayor incremento corresponde al +64.8% en la muestra con 5% de aditivo.



Gráfico 6. Variación del módulo de resiliencia de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind.

Fuente: Elaboración propia

Con el W18 calculado y con los valores de Mr establecidos, se procedió al cálculo de los Números estructurales (SN), que representará la capacidad estructural del pavimento flexible. Con ese fin, se empleó la metodología de AASHTO 93, específicamente el software del Ing. Luis Vásquez. Además, para el cálculo se tuvieron las consideraciones que se explican en la siguiente tabla, el tráfico corresponde a T_{P10} (según el W18 establecido), R% es del 90% y Z_r es igual a -1.282. Mientras que S_o es 0.45 y PSI inicial es 4.0 y PSI final es 2.5.

Tabla 20. Parámetros para el método AASHTO93.

Parámetros para el diseño del pavimento flexible		
W18	W18	12415204
Trafico	T	T _{P10}
Nivel de confiabilidad	R	90%
Desviación estándar normal	Zr	-1.282
Desviación estándar combinada	So	0.45
Índice de serviciabilidad inicial	Pi	4.0
Índice de serviciabilidad final	Pt	2.5

Fuente: Elaboración propia

De tal forma, aplicando el software para los diferentes valores de Mr se alcanzaron los siguientes resultados del número estructural SN.

Figura 1. Numero estructural (SN), Subrasante natural.

Fuente: Elaboración propia

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % Zr=-1.282 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.00 PSI final 2.50

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 18149 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 12415204**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 3.86

Calcular Salir

Figura 2. Numero estructural (SN), Sub-rasante +3% Aggrebind.

Fuente: Elaboración propia

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 90 % Zr=-1.282 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.00 PSI final 2.50

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 23102 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 12415204**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 3.51

Calcular Salir

Figura 3. Numero estructural (SN), Sub-rasante +5% Aggrebind.

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Numero estructural (SN), Sub-rasante +7% Aggrebind.

Fuente: Elaboración propia

En forma de resumen, la siguiente tabla hace síntesis de los SN alcanzados. Donde la sub-rasante natural muestra SN igual a 4.26, al 3% de aditivo muestra SN igual a 3.86, al 5% de aditivo muestra SN igual a 3.51 y al 7% de aditivo muestra SN igual a 3.55.

Tabla 21. SNreq de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind

Muestra	Mr (psi)	SN
Suelo natural	14022.0	4.26
Suelo + 3% Aggrebind	18149.0	3.86
Suelo + 5% Aggrebind	23102.0	3.51
Suelo + 7% Aggrebind	22529.0	3.55

Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente, la figura siguiente muestra de forma clara que el SN más bajo obtenido corresponde a la sub-rasante con 5% de aditivo.

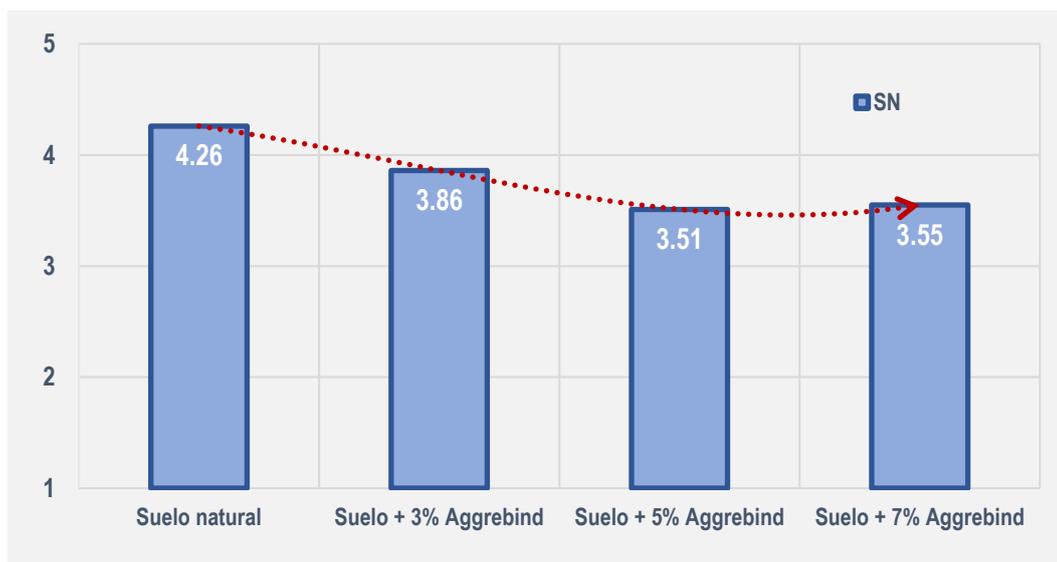


Gráfico 7. SNreq de las muestras de subrasante natural y con Aggrebind

Fuente: Elaboración propia

Con los valores alcanzados se procedió al cálculo de los espesores de las capas de pavimento flexible, de la muestra de sub-rasante natural y de la muestra con 5% de Aggrebind, puesto que son los valores que difieren más entre sí.

Tabla 22. SN y espesores de las capas del pavimento flexible.

Muestra	SN		Espesor	
	Suelo natural	+ 3% Aggrebind	Suelo natural	+ 3% Aggrebind
Mezcla asfáltica en caliente	2.04	2.04	12 cm	12 cm
Base granular	1.46	1.75	20 cm	24 cm
Sub base granular	0.92	0.00	15 cm	0 cm
SN propuesto	4.42	3.79	-	-
SN requerido	4.26	3.51	-	-

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en los datos presentados, el emplear el aditivo Aggrebind, reduce la capacidad estructural que debe aportar el paquete estructural del pavimento flexible, por lo que el SN requeridos disminuye y consecuentemente los SN propuestos y los espesores de las capas. Como se puede apreciar, el empleo del aditivo Aggrebind logra la reducción del SN de 4.42 a un SN de 3.79.

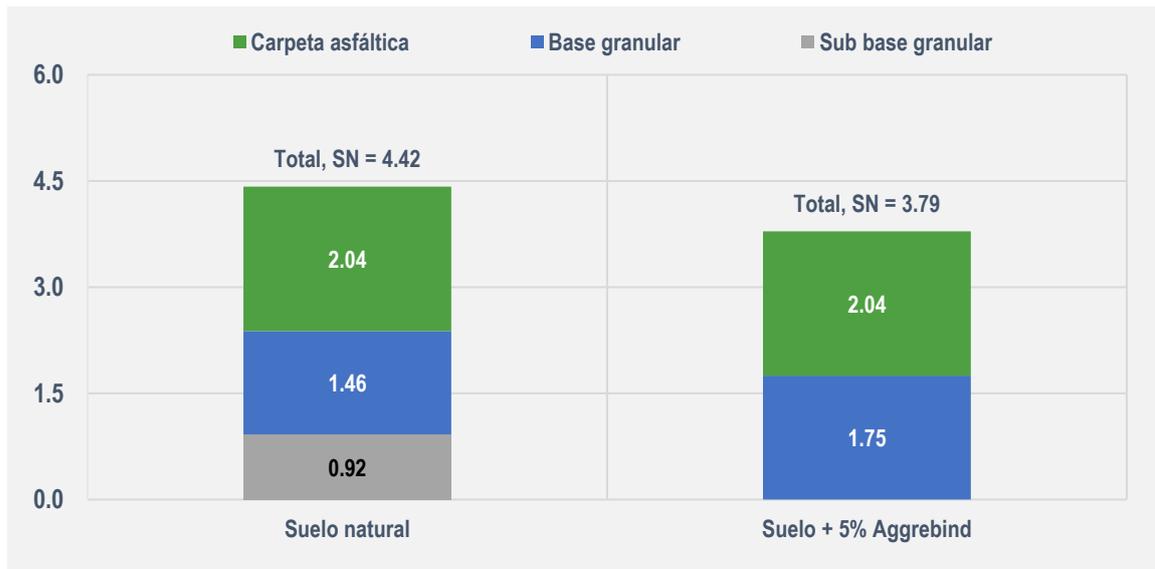


Gráfico 8. SN de las capas del pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

Lo que, traducido en espesores de las capas de pavimento flexible expresado en centímetros, se observa que, se reduce claramente las dimensiones de las capas subyacentes a la capa de rodadura, asimismo se observa que ya no existe la necesidad de emplear una capa de sub-base granular.

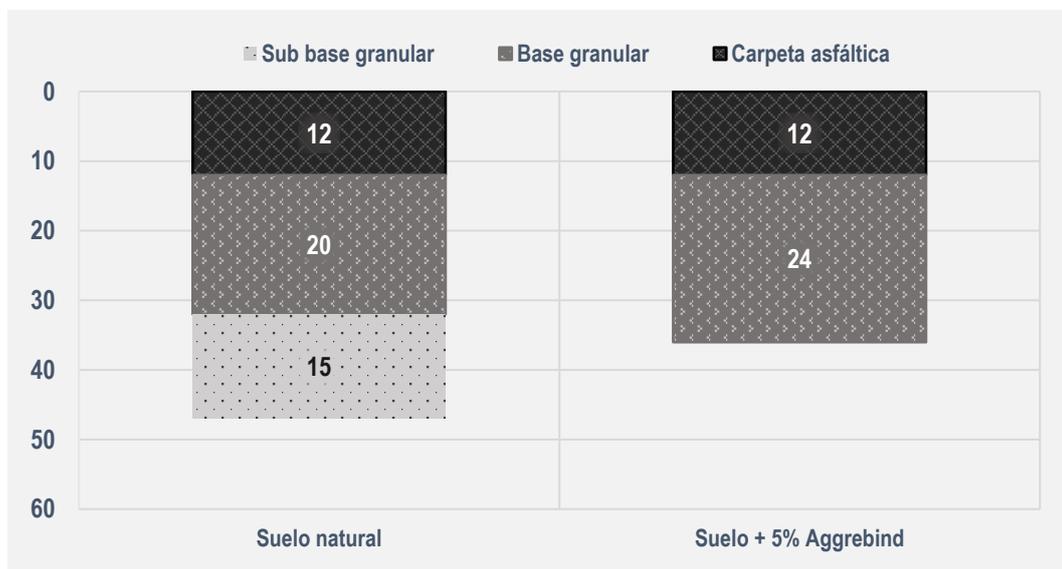


Gráfico 9. Espesores de las capas del pavimento flexible

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Prueba de hipótesis

Consecuentemente, en el marco de la estadística de tipo inferencial se realizó la prueba de las hipótesis, donde tal estadístico de prueba se determina después de establecer la normalidad de los datos según el estadístico Shapiro-Wilk, aplicable pues la cantidad de datos es menor a 30. Así se plantean las siguientes hipótesis:

Ho: Los datos corresponden a una distribución paramétrica.

Hi: Los datos no corresponden a una distribución paramétrica.

Tales resultados se presentan en la siguiente tabla, donde la significancia es mayormente superior que 0.05 (95% de confiabilidad), esto supone que los datos corresponden a una distribución paramétrica (gausiana).

Tabla 23. Shapiro-Wilk, normalidad de los datos.

Propiedad	Muestra	Shapiro-Wilk		
		estad.	gl	Sig.
Condición geomecánica	Suelo natural	0,942	3	0,537
	Suelo + 3% Aggrebind	0,987	3	0,780
	Suelo + 5% Aggrebind	0,750	3	0,000
	Suelo + 7% Aggrebind	0,942	3	0,537
Espesor de la carpeta asfáltica	Suelo natural	0,893	3	0,363
	Suelo + 5% Aggrebind	0,942	3	0,537
Espesor de la base granular	Suelo natural	0,942	3	0,537
	Suelo + 5% Aggrebind	0,803	3	0,122
Espesor de la subbase granular	Suelo natural	0,976	3	0,702
	Suelo + 5% Aggrebind	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se comprobó la existencia de la homogeneidad de varianzas, por medio del estadístico de Levene, donde se plantearon las siguientes hipótesis

Ho: Existe homogeneidad de varianzas entre los grupos de datos.

Hi: No existe homogeneidad de varianzas entre los grupos de datos.

Alcanzándose los resultados que se muestran en la siguiente tabla. Se observa que en la prueba al valor de soporte (CBR) se obtiene una significancia mayor a 0.05. De la misma forma, en las pruebas a los espesores de las capas la significancia es mayor a 0.05.

Tabla 24. Estadístico de Levene, homogeneidad de varianzas en valor de soporte.

Propiedad	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Condición geomecánica	0.674	3	8	0.592

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Estadístico de Levene, homogeneidad de varianzas en los espesores de las capas.

Propiedad	F	Estadístico de Levene
Espesor de la carpeta asfáltica	0.842	0.441
Espesor de la base granular	0.082	0.789
Espesor de la subbase granular	6.857	0.059

Fuente: Elaboración propia

En conformidad a los resultados anteriores, se determina que la propiedad de valor de soporte (CBR) corresponde al ANOVA de un factor para la ejecución de la prueba de hipótesis. Asimismo, las variables de los espesores de las capas corresponden a la Prueba T para muestras independientes para el contraste de las hipótesis.

4.1.4.1. Prueba de hipótesis específica “a”, “b” y “c”

Se plantearon las siguientes hipótesis:

Hi: Existen diferencias significativas entre las medias de los datos de condición geomecánica de las subrasantes sin y con estabilización química empleando AggreBind, para un pavimento flexible en la avenida El Bosque 2022.

Ho: No existen diferencias significativas entre las medias de los datos de condición geomecánica de las subrasantes sin y con estabilización química empleando AggreBind, para un pavimento flexible en la avenida El Bosque 2022.

Posteriormente, en la tabla siguiente; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la prueba del ANOVA de un factor, estadístico que analiza las varianzas para determinar si existen diferencias significativas, de la tabla dada se observa que el nivel de significancia es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que si existen diferencias significativas entre las medias de los datos de valor de soporte (CBR) del suelo en los once grupos propuestos.

Tabla 26. Anova de un factor, condición geomecánica.

Propiedad	Grupo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Condición geomecánica	Inter - grupos	565.46	3	188.49	506.01	0.000
	Intra - grupos	2.98	8	0.37		
	Total	568.44	11			

Fuente: Elaboración propia

Se procedió también, a establecer la magnitud de la diferencia que existen entre los datos del suelo natural con los datos de los suelos con estabilización química, y cuál de tales grupos es el que presenta la mayor diferencia con respecto al patrón. Con este objeto, se empleó la prueba de Post Hoc, específicamente el estadístico de Tukey.

Tabla 27. Post Hoc - Tukey, condición geomecánica.

Comparaciones múltiples	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
Suelo natural	Suelo + 3% Aggrebind	-7.100	0.498	0.000	-8.696	-5.504
	Suelo + 5% Aggrebind	-16.900	0.498	0.000	-18.496	-15.304
	Suelo + 7% Aggrebind	-15.700	0.498	0.000	-17.296	-14.104

Fuente: Elaboración propia

En conformidad a la anterior tabla, se puede aseverar que el suelo con estabilización química (empleando +3% Aggrebind, +5% Aggrebind y +7% Aggrebind) presentan una significancia menor igual a 0.000, es decir que en comparación al suelo natural la

diferencia entre las medias de la condición geomecánica es significativa. Asimismo, como lo indica la diferencia de medias (i-J), el suelo con estabilización química al +5% Aggrebind, es el suelo con mayor diferencia en relación al suelo natural.

4.1.4.1. Prueba de hipótesis específica “d”

Se plantearon las siguientes hipótesis:

Hi: Existen diferencias significativas entre las medias de los datos de los espesores del pavimento flexible de las subrasantes sin y con estabilización química empleando AggreBind, en la avenida El Bosque 2022.

Ho: No existen diferencias significativas entre las medias de los datos de los espesores del pavimento flexible de las subrasantes sin y con estabilización química empleando AggreBind, en la avenida El Bosque 2022.

Consecuentemente, en la tabla siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la prueba T para muestras independientes, estadístico que analiza igualdad de medias para determinar si existen diferencias significativas, de la tabla dada se observa que el nivel de significancia es menor a 0.05, en los casos de base granular y subbase granular, por lo que se rechaza la hipótesis nula, es decir que si existen diferencias significativas entre las medias de los datos de espesores del pavimento flexible (base granular y subbase granular) entre el suelo natural y suelo estabilizado al +5% Aggrebind. Por otro lado, se observa que para la carpeta asfáltica el nivel de significancia es mayor a 0.05, por lo que se acepta la hipótesis nula, es decir que existen igualdad de medias estadísticamente entre los datos del suelo natural y suelo estabilizado al +5% Aggrebind

Tabla 28. Prueba T para muestras independientes, espesores del pavimento flexible.

Variables	t	gl	Sig.	Diferencia de medias
Espesor de la carpeta asfáltica	0.00	4	1.000	0.000
Espesor de la base granular	-65.18	4	0.000	-4.000
Espesor de la subbase granular	466.63	4	0.000	15.000

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

5.1. Condición geomecánica al +3% de Aggrebind

De acuerdo a los resultados obtenidos para la condición geomecánica de la subrasante para pavimentos flexibles, en conformidad en los subtítulos 4.1.2. y 4.1.4.1., se tiene que el suelo natural mostró un CBR de 14.3% y el suelo con estabilización química al + 3% Aggrebind presentó un CBR de 21.4%, lo cual representa que el aditivo Aggrebind trae consigo la mejora de la condición geomecánica, tal resultado concuerda con el autor Ortiz (2021) que sostiene que añadiendo Aggrebind, la resistencia mecánica muestra una notable mejoría. Asimismo, en cuanto a la prueba de hipótesis Anova de un factor, el nivel de significancia es 0.00, valor que al ser menor a 0.05 indica que existen diferencias significativas entre las medias de los datos de condición geomecánica entre los grupos de suelo natural y suelo con estabilización química al + 3% Aggrebind. Asimismo, la prueba de Post Hoc – Tukey, indica que la diferencias entre las medias es de -7.1. Con esto se demuestra que la estabilización química con Aggrebind produce efectos positivos en la condición geomecánica al +3% para un pavimento flexible en la avenida El Bosque 2022.

5.2. Condición geomecánica al +5% de Aggrebind

Con respecto a los resultados obtenidos de la condición geomecánica de la subrasante para pavimentos flexibles, en conformidad en los subtítulos 4.1.2. y 4.1.4.1., se tiene que el suelo natural mostró un CBR de 14.3% y el suelo con estabilización química al + 5% Aggrebind presentó un CBR de 31.2%, es decir que el aditivo Aggrebind provoca una clara mejora de la condición geomecánica, esto se asemeja a lo concluido por Humpiri (2018) que indica que la estabilización con Aggrebind se refleja positivamente en los valores de CBR. De igual forma, en relación a la prueba de hipótesis Anova de un factor, el nivel de significancia es 0.00, valor que al ser menor a 0.05 indica que existen diferencias significativas entre las medias de los datos de condición geomecánica entre los grupos de suelo natural y suelo con estabilización química al + 5% Aggrebind. Además, la prueba de Post Hoc – Tukey, indica que la diferencias entre las medias es de -16.9, siendo así el grupo que presenta la mayor diferencia. Esto demuestra que el aditivo Aggrebind

en la estabilización química de subrasante genera mejora en la condición geomecánica al +5% para un pavimento flexible en la avenida El Bosque 2022.

5.3. Condición geomecánica al +7% de Aggrebind

En conformidad a los resultados alcanzados de la condición geomecánica de la subrasante para pavimentos falibles, según lo mencionado en los subtítulos 4.1.2. y 4.1.4.1., se observa que el suelo natural mostró un CBR de 14.3% y el suelo con estabilización química al + 7% Aggrebind presentó un CBR de 30.0%, es decir que el aditivo Aggrebind provoca una clara mejora de la condición geomecánica, no obstante, en este punto se observa una disminución del CBR en comparación al +5% Aggrebind. Tales resultados son similares a lo que indica Mena (2018), que el CBR aumenta en porcentajes considerables añadiendo Aggrebind, por su naturaleza estabilizante y sellante. Por otro lado, en la prueba de hipótesis Anova de un factor, el nivel de significancia fue de 0.00, valor menor a 0.05, indicando que existen diferencias significativas entre las medias de los datos de condición geomecánica entre los grupos de suelo natural y suelo con estabilización química al + 7% Aggrebind. Finalmente, la prueba de Post Hoc – Tukey, indica que la diferencias entre las medias es de -15.7. Demostrando que el aditivo Aggrebind en la estabilización química de subrasante genera efectos positivos en la condición geomecánica al +7% para un pavimento flexible en la avenida El Bosque 2022.

5.4. Espesores del pavimento flexible

De acuerdo a los resultados obtenidos para los espesores del pavimento flexible, en conformidad en los subtítulos 4.1.3. y 4.1.4.2., se contrasto los diseños alcanzados para el suelo natural y al + 5% Aggrebind (grupo que muestra la mayor diferencia). Obteniéndose que, según la metodología AASHTO93, el diseño para el suelo natural es 12cm de carpeta asfáltica, 20cm de base granular y 15cm de subbase granular, lo que representa un SN igual a 4.42 (satisface a SN req de 4.26), mientras que para el suelo con estabilización química al + 5% Aggrebind, es 12cm de carpeta asfáltica, 24cm de base granular y sin subbase granular, lo que significa un SN igual a 3.79 (satisface a SN req de 3.51). Es decir, que el aditivo Aggrebind aminora claramente los espesores del pavimento flexible, esto coincide con los investigadores Castro y Medrano (2021) que aseveran que el diseño estructural del

pavimento flexible, es directamente determinado por el conteo vehicular y esencialmente la capacidad estructural de la subrasante. Igualmente, en cuanto al contraste de hipótesis con la prueba T, el nivel de significancia es 0.00 (para los espesores de la base y sub base), valores que al no superar 0.05, aseguran que existen diferencias significativas entre las medias de los espesores del pavimento flexible. Asimismo, el nivel de significancia es 1.00 (para los espesores de la carpeta asfáltica), representa que existen igualdad entre las medias de los espesores del pavimento flexible. Así se llega a demostrar que la estabilización química con Aggrebind influye directamente en los espesores del pavimento flexible de suelo con estabilización química al +5% en la avenida El Bosque 2022.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluye que la estabilización química de la subrasante empleando Aggrebind provoca mejoras significativas en la condición geomecánica de la subrasante y en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.
- La condición geomecánica de la subrasante mejora con estabilización al 3% de AggreBind, pues el CBR se incrementa en un +49.7%, y el Mr se incrementa en un +29.4%, para pavimento flexible en la Av. El Bosque 2022.
- La condición geomecánica de la subrasante mejora con estabilización al 5% de AggreBind, pues el CBR se incrementa en un +118.2%, y el Mr se incrementa en un +64.8%, para pavimento flexible en la Av. El Bosque 2022.
- La condición geomecánica de la subrasante mejora con estabilización al 7% de AggreBind, pues el CBR se incrementa en un +109.8%, y el Mr se incrementa en un +60.7%, para pavimento flexible en la Av. El Bosque 2022.
- Los espesores de las capas se reducen con la estabilización de subrasante con AggreBind, pues para la subrasante natural se considera espesor de capa de rodadura = 12cm, base = 20cm y sub base = 15cm, representando un SN de 4.42, se reducen a capa de rodadura = 12cm, base = 24cm y sub base = 0cm, representando un SN de 3.79.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el empleo de la estabilización química de la subrasante con el aditivo Aggrebind en la dosis de 5%, puesto que se ha demostrado la mejora que produce en la condición geomecánica de la subrasante y en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.
- Se recomienda la estabilización química de la subrasante al 3% de AggreBind para la mejora de la condición geomecánica de la subrasante para pavimento flexible con bajo aforo vehicular.
- Se recomienda el uso de 5% de AggreBind para la estabilización química y la mejora de la condición geomecánica de la subrasante, pues el CBR y el Mr se incrementa de forma significativa y óptima para usos viales.
- Se recomienda la estabilización de AggreBind para la estabilización química de las subrasantes con poca presencia de gravas, ya que gracias a su naturaleza sellante aumenta la cohesión aumentando así la capacidad estructural del suelo,
- Se recomienda el uso de AggreBind para la minimización de los espesores del pavimento flexible en la Av. El Bosque 2022, dado que con la estabilización de subrasante se logra reducir el SN requerido y consecuentemente los espesores de base y sub base.

REFERENCIAS

- **ALVA Hurtado, Jorge. 2013.** *Diseño de Cimentaciones*. Lima: Instituto de la Constucción y Gerencia, 2013.
- **ARAUJO, Marcelo, SANTOS, Martha, PINHEIRO.2016.** *Análisis comparativo de los métodos de suelo pavimento duro (hormigón) x flexible (asfalto)*. Revista científica multidisciplinaria base de conocimiento. Año 01, edición 11, vol. 10, pp. 187-196, noviembre de 2016. ISSN: 2448-0959
- **ARELLAN Farfan, J. L., y OSCCO Garriazo, Z. D. 2021.** *Diseño estructural de pavimento flexible aplicando la estabilización química con el polímero acrílico de estireno para la subrasante, Huarochirí 2021*. Tesis de Pre grado, Universidad César Vallejo, Lima.
- **BARRERA Bucio, M., GARNICA Anguas, P., y MARTÍNEZ Rodríguez, F. 2004.** *Influencia de la succión en los cambios volumétricos de un suelo compactado*. México.
- **BARRETO Cedeño, S., Banguera Garces, J., & Córdova Rizo, J. 2018.** Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método AASHTO 93 y los proporcionados por pasaje en balanza fija de vehículos. 10(1). Recuperado el 20 de 10 de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000100059
- **BENITES Ascate , D. J., y Castillo Blas , A. P. 2020.** *Investigación del índice de condición de pavimento flexible en la av. San Luis, distrito de Virú, provincia de Virú La Libertad 2019*. Unirversidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **CASTRO Salazar, M., y MEDRANO Alfaro, A. 2021.** *Diseño estructural de pavimento flexible según la metodología AASHTO 93 y la tyransitabilidad de la calle San Pedro, en el distrito de Jequetepeque, Pacasmayo, La Libertad*. Tesis de Pre grado, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **CORONADO Iturbide, J. 2002.** *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala.
- **DAS, Braja M. 2015.** *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Mexico : Adquisiciones para Latinoamérica, 2015.
- **ESPINOZA Montes, C. 2014.** *Metodología de Investigación Tecnológica*. Huancayo: Ciro Espinoza Montes.
- **GALLARDO Echenique, E. E. 2017.** *Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de <http://repositorio.continental.edu.pe/>
- **GÓMEZ Torregrosa, C. 2019.** *Guía metodológica para elaborar trabajos de grado V.1.0*. Cartagena de Indias: Entrelibros e-book solutions.

- **GONZÁLEZ Palomino, E. 2021.** *Implementación del expediente judicial electrónico, y su influencia en la calidad de servicio de la corte superior de justicia de Lima, 2021.* Lima.
- **HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Maria del Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación.* México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014.
- **HUMPIRI Ventura, C. 2018.** *Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo AggreBind para estabilizar suelos en la calle Los Eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo - Lima - 2018.* Tesis de Pre grado, Lima.
- **INSTITUTO Metropolitano de Lima. 2016.** *Plan maestro de transporte urbano para el área metropolitana de Lima y Callao en la República del Perú.* Lima.
- **LLANO, E., Ríos, D., & Restrepo, G. 2020.** Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad. 23(49).
- **LOZANO Paredes, D. A. 2015.** *Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en la H.U.P. Villa Victoria del distrito de nuevo Chimbote. mediante el método del instituto del asfalto y AASHTO.* Universidad Nacional Del Santa, Nuevo Chimbote.
- **MCKINNEY De IIT, Mark. 2014.** AggreBind Patented Technogy. *AggreBind Patented Technogy.* [En línea] AggreBind, 8 de Julio de 2014. [Citado el: 15 de Setiembre de 2022.] <https://aggrebind.com/about/>. ISBN 91-630-6748-X.
- **MENA Robles, R. H. 2018.** *Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2018.* Tesis de Pre grado, Universidad César Vallejo, Lima.
- **MENDOZA Ávila, M. J., CARRANZA Gómez, J., y CADENA Mendoza, E. 2020.** *Propuesta de un sistema de información web para la sistematización.* Acapulco.
- **MINISTERIO de Economía y Finanzas. 2015.** *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.* Lima: Servicios Gráficos JMD S.R.L.
- **MINISTERIO de transportes y comunicaciones. 2004.** *Estabilización química de suelos - Caracterización del estabilizados y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado.* Lima, Perú.
- **MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. 2014.** *Manual de carreteras (Suelos, geología, geotécnica y pavimentos).* Lima.
- **MINISTERIO de vivienda. 2012.** *NORMA CE. 020 - SUELOS Y TALUDES.* Lima. 978-612-4280-43-6.

- **MOLINA Vinasco, G. M., BEDOYA Blandón, L. M., y OCAMPO Martínez, M. 2016.** *Análisis para el mejoramiento de la resistencia de la sub-base granular al ser mezclada con materiales no biodegradables.* Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira.
- **MONSALVE Escobar, L. M., GIRALDO Vasquez, L. C., y MAYA Gaviria, J. 2012.** *Diseño de pavimento flexible y rígido.* Armenia, Colombia.
- **MONTEJO Fonseca, A., MONTEJO Piratova, A., y MONTEJO Piratova, A. 2019.** *Estabilización de suelos.* Bogotá: Ediciones de la U.
- **MUÑOZ Razo, C. 2015.** *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis.*
- **ÑAUPAS Paitán, H., VALDIA Dueñas, M. R., PALACIOS Vilela, J. J., y ROMERO Delgado, H. E. 2018.** *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis.* Bogotá: Ediciones de la U.
- **ORTIZ Mancera, A. L. 2017.** *Instructivo del proceso de constructivo de una vía en pavimento flexible.* Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá.
- **ORTIZ Roldan, J. S. 2021.** *Influencia de la aplicación del polímero acrílico AggreBind para estabilización de la subrasante, Jr. Brasil, Villa María, Nuevo Chimbote, 2021.* Tesis de Pre grado, Universidad César Vallejo, Lima.
- **PEÑA, S. 2017.** *Análisis de Datos. I(187).*
- **PRADA Usme, R. F. 2021.** *Diseño de un pavimento flexible por el método AASHTO y racional, aplicado en la variante del municipio de Armero Guayabal.* Tesis de especialización, Ibagué.
- **RICO Rodriguez, A., TÉLLEZ Gutiérrez, R., y GARNICA Anguas, P. 1998.** *Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias.* Mexico: Sanfandila.
- **RIVERA Crisóstomo, René. 2020.** *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros.* Lima : Imprenta Grupo IDAT, 2020.
- **RONDÓN Quintana, H., & Reyes Lizcano, F. A. 2015.** *Pavimentos materiales, construcción y diseño. I(608).* Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- **SÁNCHEZ Carlessi, H., REYES Romero, R., y MEJÍA Sáenz, K. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.* Lima: Universidad Ricardo Palma.
- **SERRANO Rodríguez, Erika y PADILLA González, Edgar. 2019.** *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclado.* Revista Ingeniería Solidaria, vol. 25, n.º 1, 2019

- **TESEN Tineo, W. H. 2021.** *Efecto del polímero acrílico AGGREBIND en el mejoramiento del pavimento flexible en la Av. La Esperanza, Olmos 2021.* Chiclayo: Universidad César Vallejo.
- **VELASCO Ariza, E., ARIZA, O., y CASTELLANOS, D. 2019.** *Evaluación de las metodologías de diseño de pavimentos flexibles para carreteras colombianas y brasileras.* Programa de especialización de Ingeniería y Pavimentos, Colombia.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de la variable independiente: Estabilización química de la subrasante con Aggrebind

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE LA SUBRASANTE CON AGGREBIND	Es el mejoramiento de las propiedades físicas y/o mecánicas de un suelo, mediante la incorporación de un compuesto químico. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2004 pág. 09)	El uso de aditivo Aggrebind en la estabilización química de la subrasante, permite resolver los problemas de la plataforma terrea deformada en la carretera producido por la lluvia, los baches y hundimiento. Estos involucran el uso de un aditivo en este caso el Aggrebind como la alternativa de solución que no es dañina, asimismo, es amigable con el medio ambiente, considerando una dosificación adecuada, para mejorar el diseño del pavimento flexible.	Dosificación de Aggrebind	<ul style="list-style-type: none"> - 3% <hr/> - 5% <hr/> - 7% 	Numérica
			Límites de Atterberg	<ul style="list-style-type: none"> - Límite plástico - Límite líquido e índice de plasticidad 	Numérica

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Matriz de operacionalización de la variable dependiente: Pavimento flexible

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
PAVIMENTO FLEXIBLE	Es un tipo de pavimento formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra. (Monsalve Escobar, y otros, 2012 pág. 23)	Se desarrollará el diseño del pavimento flexible considerando las variaciones de la condición geomecánica de la subrasante al ser estabilizado en diferentes porcentajes (3%, 5% y 7%), con esta información podremos determinar los espesores del pavimento flexible.	Condición geomecánica de la subrasante	- Valor de soporte (CBR) con estabilización del 3%	Numérica
				- Valor de soporte (CBR) con estabilización del 5%	Numérica
				- Valor de soporte (CBR) con estabilización del 7%	Numérica
			Espeor del pavimento flexible	- Número de ejes equivalentes (ESAL) - Módulo de resiliencia (Mr) - Confiabilidad (%R)	Numérica

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Matriz de consistencia

“ESTABILIZACIÓN QUÍMICA DE LA SUBRASANTE CON AGGREBIND PARA UN PAVIMENTO FLEXIBLE, AVENIDA EL BOSQUE, 2022”.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<p>Problema General: ¿Cuáles son los efectos de la estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?</p>	<p>Objetivo General: Determinar cuáles son los efectos de la estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.</p>	<p>Hipótesis General: La estabilización química de la subrasante empleando AggreBind para un pavimento flexible tiene efectos en la eficiencia en la Avenida El Bosque 2022.</p>	<p>Variable independiente: Estabilización química de la subrasante con AggreBind</p>	<p>Dosificación de Aggrebind</p> <hr/> <p>Límites de Atterberg</p>	<p>- 3% - 5% 7%</p> <hr/> <p>- Límite plástico - Límite líquido e índice de plasticidad</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo de Investigación: Aplicada.</p>		
<p>Problemas Específicos: PE 1. ¿Qué efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 3% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022? PE 2. ¿Qué efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 5% de estabilización química de la subrasante con</p>	<p>Objetivos Específicos: OE 1. Identificar los efectos que produce la condición geomecánica de la subrasante al 3% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022 OE 2. Demostrar que efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 5% de estabilización</p>	<p>Hipótesis Específicas: HE 1. La condición geomecánica de la subrasante al 3% de estabilización química de la subrasante con AggreBind produce efectos positivos para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022 HE 2. La condición geomecánica de la subrasante al 5% de estabilización química de la subrasante con AggreBind mejora en el</p>	<p>Variable dependiente: Pavimento Flexible</p>	<p>Condición geomecánica de la subrasante</p>	<p>- Valor de soporte (CBR) con estabilización del 3%</p> <hr/> <p>- Valor de soporte (CBR) con estabilización del 5%</p> <hr/> <p>- Valor de soporte (CBR) con estabilización del 7%</p>	<p>Diseño de la Investigación: Experimental.</p> <p>Población de Estudio: Se encuentra conformada por la Avenida El Bosque.</p> <p>Muestra:</p>	<p>Medición</p> <p>Observación</p>	<p>Ficha de observación</p>

<p>AggreBind en el pavimento flexible de la Avenida El Bosque 2022?</p> <p>PE 3. ¿Qué efectos produce la condición geomecánica de la subrasante al 7% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?</p> <p>PE 4. ¿Cómo influye la estabilización química de la subrasante con AggreBind en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022?</p>	<p>química de la subrasante con AggreBind en el pavimento flexible de la Avenida El Bosque 2022.</p> <p>OE 3. Determinar los efectos que produce la condición geomecánica de la subrasante al 7% de estabilización química de la subrasante con AggreBind para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.</p> <p>OE 4. Identificar de qué manera influye la estabilización química de la subrasante con AggreBind en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.</p>	<p>pavimento flexible de la Avenida El Bosque 2022</p> <p>HE 3. La condición geomecánica de la subrasante al 7% de estabilización química de la subrasante con AggreBind produce efectos positivos para un pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022</p> <p>HE 4. La estabilización química de la subrasante con AggreBind influye en los espesores del pavimento flexible en la Avenida El Bosque 2022.</p>		<p>Esesor del pavimento flexible</p> <ul style="list-style-type: none"> - Número de ejes equivalentes (ESAL) - Módulo de resiliencia (Mr) - Confiabilidad (%R) 	<p>Para esta investigación la muestra está compuesta por las muestras extraídas de la Avenida El Bosque con la adición de AggreBind, en las distintas proporciones de 3%, 5% y 7%.</p>
---	--	--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Conteo vehicular

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	
UBICACIÓN	AV. EL BOSQUE - SJL

ESTACION	
DIA	LUNES
FECHA	03/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	86	53	38	7	0	5	4	0	0	38	4	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	240
7-8	56	40	42	2	0	0	0	0	0	16	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	162
8-9	76	58	40	5	0	3	1	0	0	16	3	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	205
9-10	65	40	35	4	0	0	0	0	0	10	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	159
10-11	69	53	36	1	0	0	0	0	0	18	4	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	184
11-12	68	48	45	3	0	1	0	0	0	23	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	192
12-13	74	47	38	4	0	0	1	0	0	12	1	0	5	0	0	6	0	0	0	0	0	188
13-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	76	56	35	0	0	0	0	0	0	22	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	193
15-16	55	49	41	0	0	0	0	0	0	19	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	170
16-17	44	40	38	0	0	0	0	0	0	14	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	147
17-18	48	62	66	0	0	0	0	0	0	34	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	212
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	717	546	454	26	0	9	6	0	0	222	33	0	18	0	0	21	0	0	0	0	0	

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	
UBICACIÓN	AV. EL BOSQUE - SJL

ESTACION	
DIA	MIERCOLES
FECHA	12/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	97	53	38	5	0	5	4	0	0	48	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	256
7-8	60	40	42	2	0	0	0	0	0	18	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	168
8-9	80	58	40	7	0	1	2	0	0	15	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	210
9-10	60	43	35	4	0	0	0	0	0	12	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	157
10-11	71	32	32	1	0	0	0	0	0	21	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	165
11-12	74	45	45	3	0	2	0	0	0	18	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	191
12-13	69	43	38	6	0	0	1	0	0	9	1	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	174
13-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	76	56	35	0	0	0	0	0	0	22	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	196
15-16	55	49	41	0	0	0	0	0	0	19	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	170
16-17	44	40	38	0	0	0	0	0	0	14	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	146
17-18	48	62	66	0	0	0	0	0	0	34	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	212
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	734	521	450	28	0	8	7	0	0	230	33	0	16	0	0	18	0	0	0	0	0	

FORMULARIO Nº 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	
UBICACIÓN	AV. EL BOSQUE - SJL

ESTACION	
DIA	JUEVES
FECHA	13/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS			MICRO 	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL Combi 		2 E 	3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	3T3 	
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	97	53	38	5	0	15	4	0	0	48	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	266
7-8	60	32	42	2	0	0	0	0	0	18	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	160
8-9	80	58	40	7	0	3	1	0	0	15	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	211
9-10	60	40	35	4	0	0	0	0	0	12	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	158
10-11	71	53	36	1	0	0	0	0	0	21	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	190
11-12	74	48	45	3	0	1	0	0	0	18	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	193
12-13	54	47	26	6	0	0	1	0	0	9	2	0	2	0	0	5	0	0	0	0	152
13-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	76	56	35	0	0	0	0	0	0	22	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	196
15-16	55	49	41	0	0	0	0	0	0	19	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	170
16-17	46	40	38	0	0	0	0	0	0	14	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	148
17-18	48	62	66	0	0	0	0	0	0	34	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	212
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	721	538	442	28	0	19	6	0	0	230	37	0	17	0	0	18	0	0	0	0	

FORMULARIO N° 1

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	
SENTIDO	
UBICACIÓN	AV. EL BOSQUE - SJL

ESTACION	
DIA	VIERNES
FECHA	14/10/2022

HORA	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
0-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-7	83	53	38	5	0	5	4	0	0	48	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	242
7-8	60	40	42	2	0	0	0	0	0	18	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	168
8-9	80	58	40	7	0	1	1	0	0	15	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	209
9-10	60	40	35	4	0	0	0	0	0	12	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	154
10-11	71	53	36	1	0	0	0	0	0	21	4	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	190
11-12	74	48	45	3	0	1	0	0	0	18	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	193
12-13	69	47	38	6	0	0	1	0	0	9	1	0	2	0	0	5	0	0	0	0	0	178
13-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	76	56	35	0	0	0	0	0	0	22	2	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	196
15-16	55	49	41	0	0	0	0	0	0	19	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	170
16-17	44	40	38	0	0	0	0	0	0	14	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	146
17-18	48	62	66	0	0	0	0	0	0	34	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	212
18-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTALES	720	546	454	28	0	7	6	0	0	230	33	0	16	0	0	18	0	0	0	0	0	

Anexo 5. Tablas

Tabla 18. Efectividad de los agentes estabilizadores

TIPO DE SUELO	Arcillas finas	Arcillas gruesas	Limos finos	Limos gruesos	Arenas finas	Arenas gruesas
Tamaño de partículas (mm)	< 0,0006	0,0006-0,002	0,002-0,01	0,01-0,06	0,06-0,4	0,4-2,0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno

Fuente: Norma CE. 020 estabilización de suelos y taludes

Tabla 19. Clasificación de la Subrasante en función al CBR

Categoría de Subrasante	CBR
Subrasante inadecuada	CBR <3%
Subrasante pobre	3% ≤ CBR <6%
Subrasante regular	6% ≤ CBR <10%
Subrasante buena	10% ≤ CBR <20%
Subrasante muy buena	20% ≤ CBR <30%
Subrasante excelente	CBR ≥30%

Fuente: Manual de Suelos y Pavimentos

Tabla 20. Tamaños de mallas estándar

Malla núm.	Abertura (mm)
4	4.750
6	3.350
8	2.360
10	2.000
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
170	0.088

200	0.075
270	0.053

Fuente: Braja M. Das.

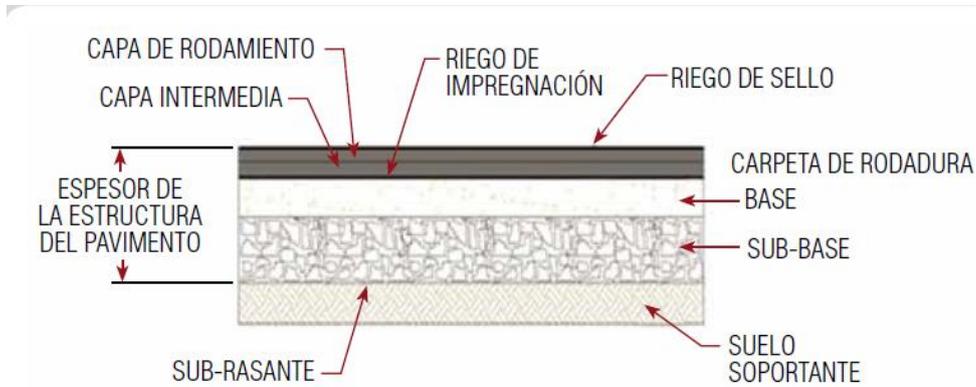
Tabla 21. Consistencias

Condición del Suelo	Límite	Símbolo
Líquido	Límite líquido	WL, LW, LL
Plástico	Límite plástico	WP, PW, LP
Semi-sólido Sólido	Límite de contracción	WC, CW, LC

Fuente: (ALVA Hurtado, 2013)

Anexo 6. Figuras

Figura 1.- Estructura de un pavimento flexible



Fuente: Pautas metodológicas para alternativas técnicas de pavimentos

Anexo 7. Panel fotográfico



Reconocimiento del lugar



Estudio de conteo vehicular



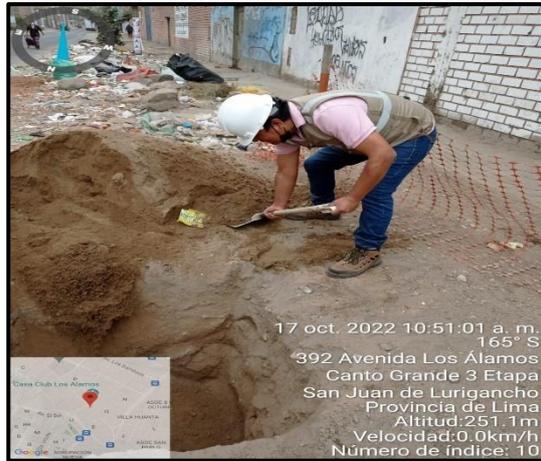
Estudio de conteo vehicular



Inicio de la excavación de las calicatas



Medición de las calicatas



Extracción de muestras C-1

17 oct. 2022 9:58:21 a. m.
120 Avenida El Bosque
Canto Grande 3 Etapa
San Juan de Lurigancho
Provincia de Lima

17 oct. 2022 10:51:01 a. m.
165° S
392 Avenida Los Álamos
Canto Grande 3 Etapa
San Juan de Lurigancho
Provincia de Lima
Altitud: 251.1m
Velocidad: 0.0km/h
Número de índice: 10



Extracción de muestras C-2



Muestras transportado al laboratorio



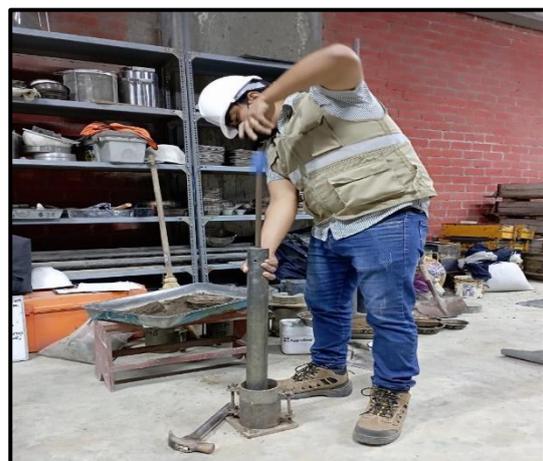
Tamizado de las muestras



Porcentaje de material retenido



Obteniendo el tamizado de las muestras



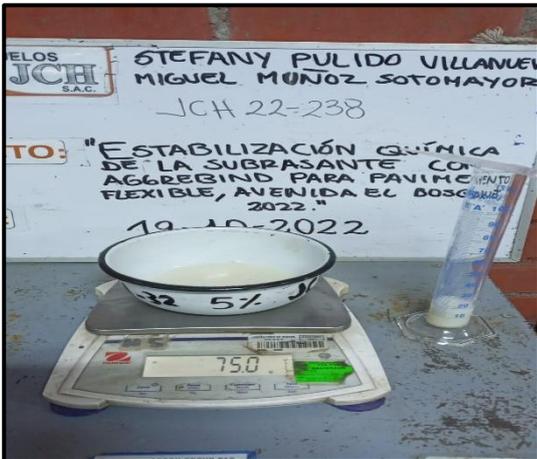
Ensayo de Proctor modificado



Caída de pisón (Proctor modificado)



Porcentajes de AggreBind



Peso del estabilizante AggreBind.



Adición del AggreBind.



Adición del AggreBind.



Muestras sumergidas.

Anexo 8. Resultados de los ensayos del laboratorio

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

INFORME N° : JCH 22-238
SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
ENTIDAD : -
PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022

UBICACIÓN : Av. el bosque

Datos de la Muestra:

Cantera : -
 Calicata : C-1
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 1,50
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 17/10/2022
 Fecha de Ejecución : 18/10/2022
 Fecha de Emisión : 24/10/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E187

Peso Global (seco) (g) 1206,3

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	---	100.0	0.0
2"	50.80	---	100.0	0.0
1 1/2"	38.10	---	100.0	0.0
1"	25.40	---	100.0	0.0
3/4"	19.05	---	100.0	0.0
3/8"	9.525	43.3	3.6	96.4
N° 4	4.750	82.3	6.8	93.2
N° 10	2.000	137.7	11.4	88.6
N° 20	0.840	192.0	15.9	84.1
N° 40	0.425	225.3	18.7	81.3
N° 60	0.250	160.9	13.3	86.7
N° 100	0.150	161.6	13.4	86.6
N° 200	0.074	50.8	4.2	95.8
-200		152.2	12.6	87.4

% Grava [N° 4 + 7 + 3"]	10.4
% Arena [N° 200 + 1 + N° 4]	77.8
% Fines [+ N° 200]	12.6

LIMITES DE CONSISTENCIA

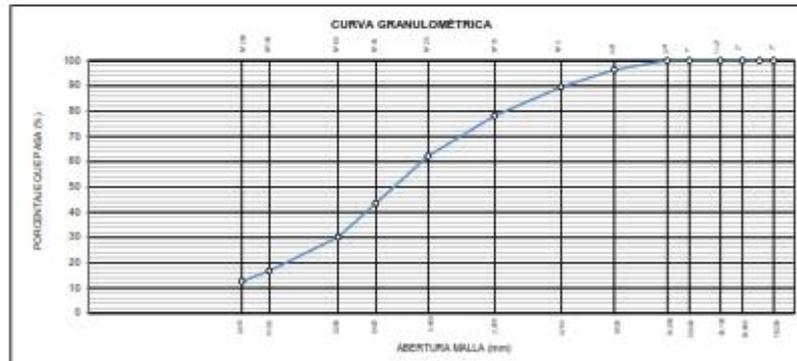
Límite Líquido (%) / ASTM D4318-05	---
Límite Plástico (%) / ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) / ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad - ASTM D-2218-05

Humedad (%)	1.8
-------------	-----

CLASIFICACIÓN

CLASIFICACIÓN SUCS - ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO - ASTM D 3082-04	A-2-4(II)
Descripción de la muestra :	ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.
 Realizado por : Tec. J. CH

Equipos	Código
Balanza	BAL-001
Balanza	BAL-002
Horno	HORN-002
Copa Casagrande	ELC-003




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 22-238
SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
ENTIDAD : -
PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggreblend para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022
UBICACIÓN : Av. el bosque

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : C-1
Muestra : M-1
Prof. (m) : 1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 17/10/22
Fecha de Ejecución : 15/10/22
Fecha de Emisión : 24/10/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo húmedo + tara g	1009.9	905.0
Peso de suelo seco + tara g	993.0	890.3
Peso de tara g	80.1	81.3
Peso de agua g	16.9	14.7
Peso de suelo seco g	912.9	809.0
Contenido de agua %	1.9	1.8
Contenido de Humedad (%)	1.8	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por : Tec. J.CH

Equipos	Código
Balanza	BAL-001
Horno	HORN-002




**JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3-3

**ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 22-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022

UBICACIÓN : Av. el bosque

Datos de la Muestra

Cantera : -
 Calicata : C-1
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 1,50
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 10/10/22
 Fecha de Emisión : 24/10/22

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
ENSAYO No.		
NUMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HUMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LIMITE LIQUIDO (%)	---
LIMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por : Tec. J.CH

Equipos	Código
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-002
Copa Casagrande	ELC-003
Vetro amarrado	---



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 ULLGA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193607

	FORMULARIO	Código : D-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1-3

INFORME N° : JCH 22-238
SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
ENTIDAD : -
PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Agregbind para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022

UBICACIÓN : Av. al bosque

Datos de la Muestra:

Cántara : -
 Calicata : C-2
 Muestra : M-1
 Prof. (m) : 1,50
 Progresiva : -
 Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 17/10/2022
 Fecha de Ejecución : 18/10/2022
 Fecha de Emisión : 24/10/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422 / MTC-E107

Peso Global (seco) (g) 1427.2

TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (gr)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	---	---	100.0
2"	50.80	---	---	100.0
1 1/2"	38.10	---	---	100.0
1"	25.40	31.3	2.2	97.8
3/4"	19.05	24.0	1.7	98.3
3/8"	9.525	36.9	2.6	97.4
N° 4	4.750	54.8	3.8	96.2
N° 10	2.000	125.8	8.8	91.2
N° 20	0.840	145.0	10.1	89.9
N° 40	0.425	147.1	10.3	89.7
N° 60	0.250	132.7	9.3	90.7
N° 100	0.150	307.8	21.5	78.5
N° 200	0.075	83.8	5.9	94.1
<200		365.5	25.6	74.4

% Grava (N° 4 + 75 + 3")	10.4
% Arena (N° 200 + 75 + N° 4)	84.0
% Fines (< N° 200)	25.6

LMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido (%) ASTM D4318-05	---
Límite Plástico (%) ASTM D4318-05	NP
Índice de Plasticidad (%) ASTM D4318-05	NP

Contenido de Humedad ASTM D-2918-05

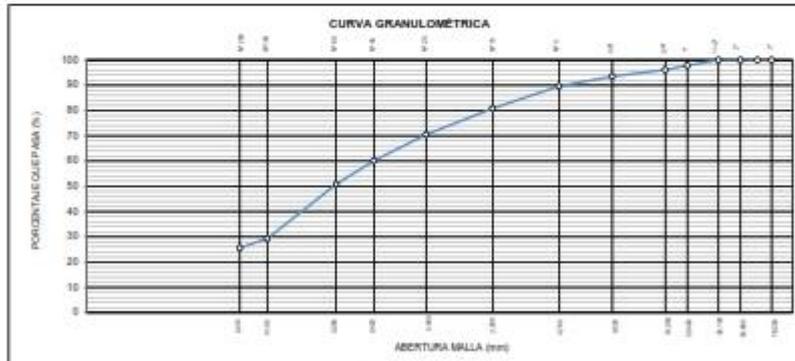
Humedad (%)	5.1
-------------	-----

CLASIFICACIÓN

CLASIFICACIÓN SUIC ASTM D 2487-05	SM
CLASIFICACIÓN AASHTO ASTM D 3093-05	A-2-4(II)

Descripción de la muestra:

ARENA LIMOSA



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
 Realizado por : Tec. J.CH

Equipos	Código
Balanza	BAL-001
Horno	HOR-002
Copa Casagrande	FLC-003




JAVIER FRANCISCO
 ULLAGA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 153007

	FORMULARIO	Código : D-01
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2-3

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216, MTC E 108**

INFORME N° : JCH 22-238
SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
ENTIDAD : -
PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022

UBICACIÓN : Av. el bosque

DATOS DE LA MUESTRA

Cantera : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1
Prof. (m) : 1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 17/10/22
Fecha de Ejecución : 18/10/22
Fecha de Emisión : 24/10/22

Recipiente N°	1	2
Peso de suelo húmedo + tara g	562.0	623.3
Peso de suelo seco + tara g	538.7	595.3
Peso de tara g	82.0	56.6
Peso de agua g	23.3	26.0
Peso de suelo seco g	456.7	536.7
Contenido de agua %	5.1	5.2
Contenido de Humedad (%)	5.1	

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por : Tec. JCH

Equipos	Código
Balanza	BAL-001
Horno	HORN-002




**JAVIER FRANCISCO
ULLOA CLAVIJO**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3-3

**ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

INFORME N° : JCH 22-238
SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
ENTIDAD : -
PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022

UBICACIÓN : Av. el bosque

Datos de la Muestra

Cantera : -
Calicata : C-2
Muestra : M-1
Prof. (m) : 1,50
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 17/10/22
Fecha de Ejecución : 10/10/22
Fecha de Emisión : 24/10/22

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
ENSAYO No.		
NUMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HUMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LIMITE LIQUIDO (%)	---
LIMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por : Tec. J.CH

Equipos	Código
Balanza	BAL-002
Horno	HOR-002
Copa Casagrande	ELC-003
Vetro amarrado	---




JAVIER FRANCISCO
 ULLAGA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 199857



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque

FECHA : OCTUBRE DEL 2022

Calicata : C-1 Cota : -
 Muestra : M-1 Via : -
 Prof.(m) : 1.50 Coordenada : -
 Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

Peso específico : -
 Método : A COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	5750	5905	5944	5920
Peso del Molde (gr)	3875	3875	3875	3875
Peso suelo compacto (gr)	1875	2030	2069	2045
Volumen del Molde (cm ³)	922.0	922.0	922.0	922.0
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.034	2.202	2.244	2.218
Densidad seca (gr/cm ³)	1.917	2.035	2.041	1.960

HUMEDAD				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	246.3	276.1	307.6	355.2
Tara + suelo seco (gr)	236.7	256.1	285.7	325.2
Peso del agua (gr)	9.6	14.0	21.9	30.0
Peso de tara (gr)	80.5	85.0	85.2	75.1
Peso suelo seco (gr)	156.2	171.1	220.5	250.1
Contenido de humedad(%)	6.1	8.2	9.9	12.0

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.048 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 9.2 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usado
Bal-003
Bal-001
Hor-001
Mas. Ensayo 50Kn



Javier Francisco Ulloa Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 19967



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrabind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : OCTUBRE DEL 2022

Calicata : C-1 Cota : -
 Muestra : M-1 Via : -
 Prof.(m) : 1,50
 Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Coordenadas : -
 MDS (gr/cm3) : 2.048
 OCH (%) : 9.2

COMPACTACIÓN

N° molde	I		II		III	
	56		25		10	
N° de golpes por capa						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	11341	11454	11191	11322	12118	12348
Peso del Molde (gr)	6600	6600	6597	6597	7693	7693
Peso suelo compacto (gr)	4741	4854	4594	4725	4425	4653
Volumen del suelo (cm3)	2120	2120	2121	2121	2128	2128
Densidad Humada (gr/cm3)	2.237	2.290	2.147	2.227	2.060	2.187
Densidad seca (gr/cm3)	2.048	2.090	1.905	2.020	1.905	1.961

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humado (gr)	309.6	412.5	361.7	411.9	308.8	400.2
Tara + suelo seco (gr)	296.6	383.6	330.8	381.0	289.6	386.9
Peso del agua (gr)	19.0	28.9	23.7	30.9	19.2	33.3
Peso de tara (gr)	84.5	82.2	61.4	60.2	60.7	77.5
Peso suelo seco (gr)	206.1	301.4	256.6	300.8	208.9	289.4
Contenido de humedad(%)	9.2	9.6	9.2	10.3	9.2	11.5

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/10/2022	0	8:06:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
19/10/2022	24	8:07:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
20/10/2022	48	8:05:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
21/10/2022	72	8:06:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
22/10/2022	96	8:04:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	I		II		MOLDE CARGA Lb/pulg2	III	
			CORRECCIÓN		CORRECCIÓN			CORRECCIÓN	
			Lb pulg2	CBR (%)	Lb pulg2	CBR (%)		Lb pulg2	CBR (%)
0.000		0				0			
0.025		12.7				5.7			
0.050		45.6				24.2			
0.075		102.0				76.5			
0.100	1000	161.2	406.9	40.9	120.9	306.7	30.7	72.5	194.0 16.4
0.125		224.2				166.1			
0.150		323.3				242.5			
0.175		426.6				321.5			
0.200	1500	537.6	776.0	51.3	403.2	600.0	40.0	241.9	375.0 25.0
0.300		907.0				690.3			
0.400		1184.3				888.2			
0.500		1341.8				1006.3			

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Se aplicó una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taró.

Realizado por : Equipo usados
 Bal-003
 Bal-001
 Hor-001
 Maq. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3 de 3

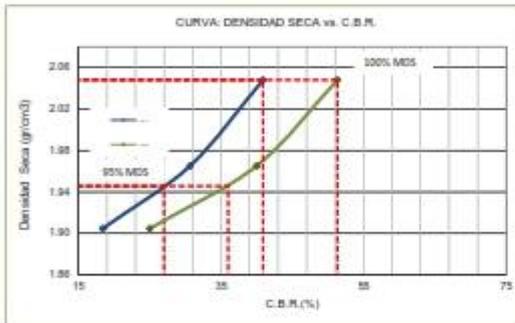
**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : OCTUBRE DEL 2022

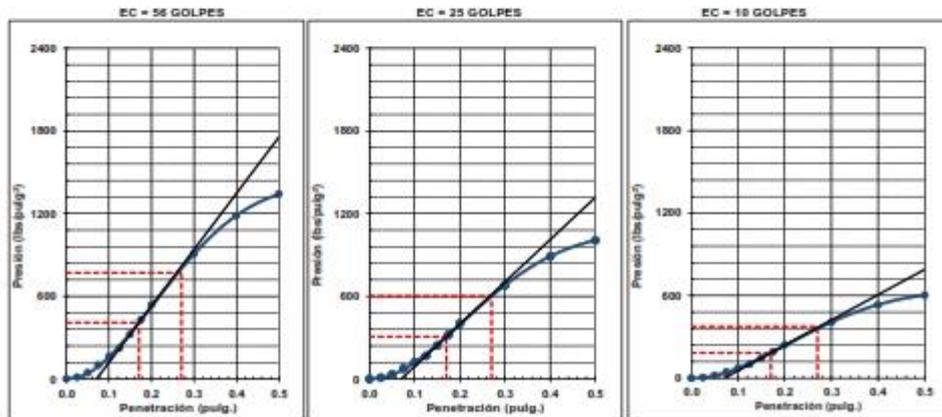
Calicata : C-1 Coña : - Clasificación SUCS : SM
 Muestra : M-1 Via : - Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Prof.(m) : 1,50
 Coordenadas : -



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.048
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 9.2
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.946

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	40.9	0.2"	51.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	27.0	0.2"	36.0

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 40.9
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 27.0
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 51.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 36.0



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usado
Bal-003
Bal-001
Hor-001
Maq. Ensayo 50Kn




 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193607



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque

FECHA : Octubre del 2022

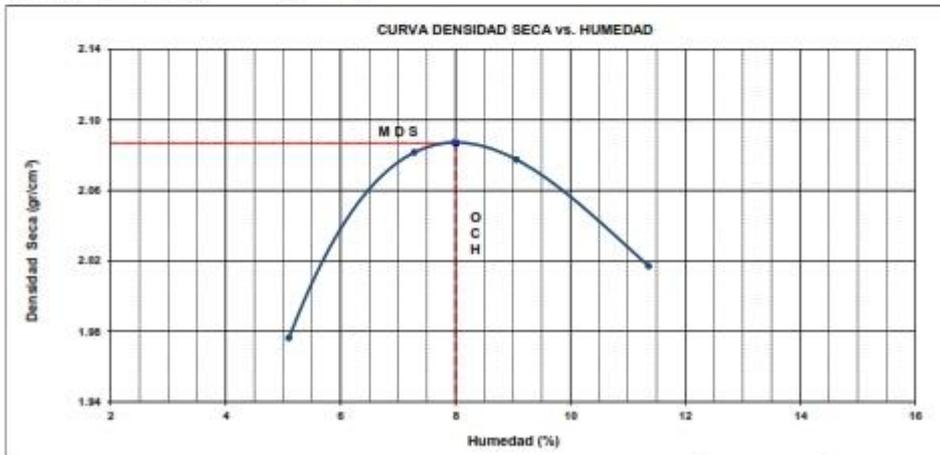
Calicata : C-2 Cota : -
 Muestra : M-1 Via : -
 Prof.(m) : 1.50 Coordenada : -
 Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

Peso específico : -
 Método : A COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	5790	5934	5964	5946
Peso del Molde (gr)	3875	3875	3875	3875
Peso suelo compacto (gr)	1915	2059	2089	2071
Volumen del Molde (cm ³)	922.0	922.0	922.0	922.0
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.077	2.233	2.266	2.246
Densidad seca (gr/cm ³)	1.976	2.082	2.077	2.017

HUMEDAD				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	562.0	164.0	198.0	301.0
Tara + suelo seco (gr)	536.7	156.6	185.7	276.0
Peso del agua (gr)	25.3	7.4	12.3	25.0
Peso de tara (gr)	82.0	55.0	50.0	56.0
Peso suelo seco (gr)	456.7	101.6	135.7	220.0
Contenido de humedad(%)	5.1	7.3	9.1	11.4

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.087 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 8.9 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usado
Bal-003
Bal-001
Hor-001
Mas. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
JAVIER FRANCISCO
 JULIA CLAUDIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. GP N° 189007

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238 Fecha de Recepción : 17/10/22
 SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido Fecha de Ejecución : 18/10/22
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Cota : - Clasificación SUCS : SM
 Muestra : M-1 Via : - Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Prof.(m) : 1,50 Coordenadas : -
 MOS (gr/cm3) : 2,067
 OCH (%) : 8,0

COMPACTACIÓN

N° molde	I		II		III	
	56	25	25	10	10	10
N° de golpes por capa						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	13154	13247	12939	13178	12458	12708
Peso del Molde (gr)	8361	8361	8289	8289	8083	8083
Peso suelo compacto (gr)	4773	4886	4650	4889	4375	4625
Volumen del suelo (cm3)	2118	2118	2153	2153	2128	2128
Densidad Humeda (gr/cm3)	2,254	2,298	2,160	2,270	2,056	2,173
Densidad seca (gr/cm3)	2,067	2,120	2,001	2,080	1,904	1,982

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humedo (gr)	295,5	319,0	305,0	320,2	328,3	296,0
Tara + suelo seco (gr)	279,6	300,2	288,1	299,5	302,2	277,0
Peso del agua (gr)	15,9	18,8	16,9	20,7	15,1	19,0
Peso de tara (gr)	80,4	75,5	75,2	72,6	75,5	79,7
Peso suelo seco (gr)	199,2	224,7	212,9	226,9	226,7	197,3
Contenido de humedad (%)	8,0	8,4	7,9	9,1	6,8	9,6

EXPANSIÓN

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/10/2022	0	8:06:00 a. m.	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00
19/10/2022	24	8:07:00 a. m.	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00
20/10/2022	48	8:05:00 a. m.	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00
21/10/2022	72	8:06:00 a. m.	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00
22/10/2022	96	8:04:00 a. m.	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00	8	0,00	0,00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	I		II		III	
			CORRECCIÓN		CORRECCIÓN		CORRECCIÓN	
			Lb/pulg2	CBR (%)	Lb/pulg2	CBR (%)	Lb/pulg2	CBR (%)
0,000		0						
0,025		12,3			9,3			5,8
0,050		29,4			22,0			13,2
0,075		54,0			40,5			24,3
0,100	1000	87,5	204,9	20,5	85,6	153,7	15,4	39,4
0,125		127,5			95,6			42,2
0,150		172,1			129,1			57,4
0,175		229,7			172,3			77,5
0,200	1500	292,6	414,9	27,6	219,4	307,8	20,5	92,2
0,300		499,3			374,5			151,7
0,400		816,8			602,6			224,7
0,500		1114,4			833,4			277,6

Observaciones : La muestra fue recibida e identificada por el Solicitante. Equipo usado
 Se aplicó una carga de asiento de 4.54 kg y luego se lavo. Bal-003
 Realizado por Bal-001
Mor-001
Mesa. Ensayo 500kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 LILIA CLAVIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

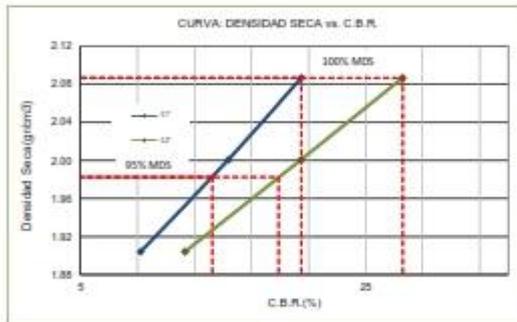
N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Cota : -
 Muestra : M-1 Via : -
 Prof.(m) : 1.50 Coordenadas : -

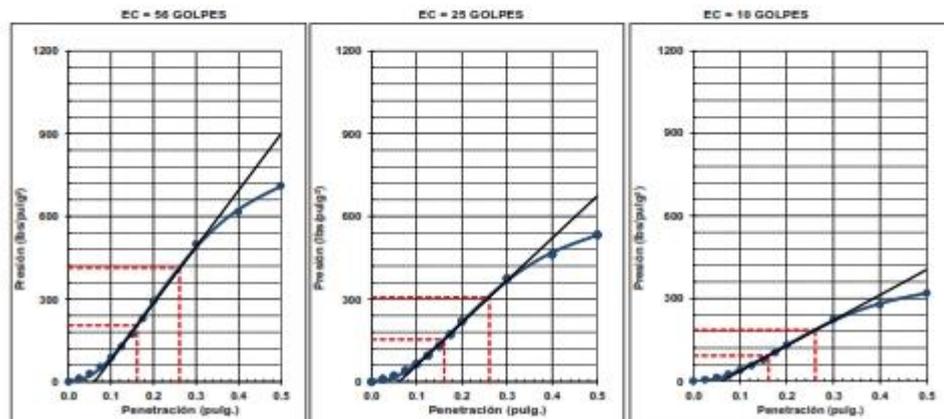
Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.057
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 8.0
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.953

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	20.5	0.2"	27.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	14.3	0.2"	18.9

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 20.5
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 14.3
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 27.6
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 18.9



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usados
Bal-003
Bal-001
Hor-001
Mas. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 ULLOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 193667



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque

FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Aditivo : 3.8% Clasificación SUCS : SM
 Muestra : M-1 Via : - Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Prof.(m) : 1.50 Coordenada : -

Peso específico : -
 Método : A

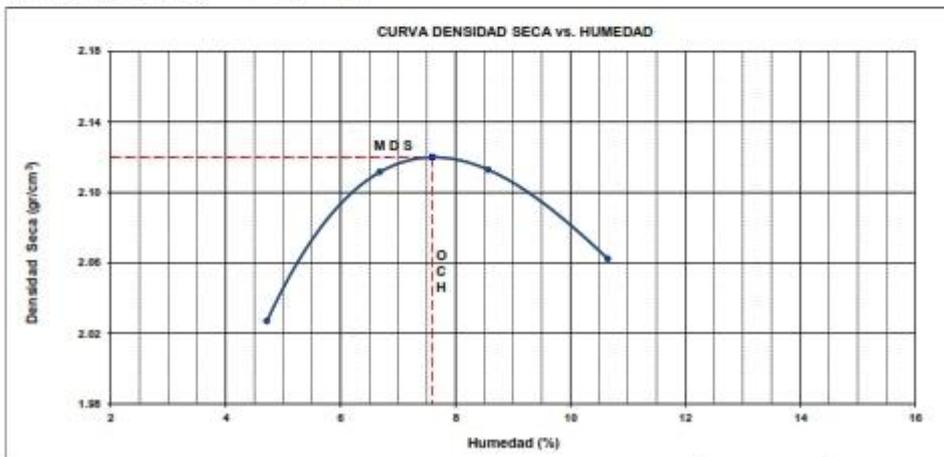
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	5832	5952	5990	5979
Peso del Molde (gr)	3875	3875	3875	3875
Peso suelo compacto (gr)	1957	2077	2115	2104
Volumen del Molde (cm ³)	922.0	922.0	922.0	922.0
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.123	2.253	2.294	2.282
Densidad seca (gr/cm ³)	2.027	2.112	2.113	2.062

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	365.2	265.2	273.2	325.2
Tara + suelo seco (gr)	352.5	252.5	256.6	309.2
Peso del agua (gr)	12.7	12.7	16.6	25.0
Peso de tara (gr)	83.3	82.5	82.9	85.5
Peso suelo seco (gr)	269.2	190.0	193.7	234.7
Contenido de humedad(%)	4.7	6.7	8.6	10.7

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.120 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 7.6 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usado
Bal-003
Bal-001
Hor-001
Maq. Ensayo 50Kn



Javier Francisco Ullca Clavijo
 JAVIER FRANCISCO
 ULLCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 193607



FORMULARIO	Código : D-20
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 2 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238 Fecha de Recepción : 17/10/22
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido Fecha de Ejecución : 18/10/22
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrabind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Aditivo : 3.0% Clasificación SUCS : SM
 Muestra : M-1 Via : - Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Prof.(m) : 1.50 Coordenadas : -
 MDS (gr/cm3) : 2.120
 OCH (%) : 7.6

N° molde	COMPACTACIÓN					
	I 56		II 25		III 10	
N° de golpes por capa						
Condición de la muestra	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado	No saturado	Saturado
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	12764	12844	12512	12622	12190	12352
Peso del Molde (gr)	7906	7906	7795	7795	7696	7696
Peso suelo compacto (gr)	4858	4938	4717	4827	4494	4656
Volumen del suelo (cm3)	2129	2129	2140	2140	2144	2144
Densidad Humada (gr/cm3)	2.282	2.320	2.204	2.256	2.096	2.172
Densidad seca (gr/cm3)	2.120	2.142	2.048	2.064	1.951	1.977

Tara N°	HUMEDAD					
	1	2	3	4	5	6
Tara + suelo humado (gr)	286.8	335.0	334.3	310.0	316.6	335.3
Tara + suelo seco (gr)	271.9	316.2	316.3	290.5	300.2	312.2
Peso del agua (gr)	14.9	18.8	18.0	19.5	16.4	23.1
Peso de tara (gr)	76.8	90.0	91.2	81.2	80.9	77.5
Peso suelo seco (gr)	195.1	226.2	225.1	209.3	219.3	234.7
Contenido de humedad(%)	7.6	8.3	7.7	9.3	7.5	9.8

FECHA	T	HORA	DIAL	EXPANSIÓN							
				I		II		III			
				mm	%	mm	%	mm	%		
18/10/2022	0	8:06:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
19/10/2022	24	8:07:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
20/10/2022	48	8:05:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
21/10/2022	72	8:06:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
22/10/2022	96	8:04:00 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00

PENETRACIÓN (pulg)	CARGA ESTÁNDAR Lb/pulg2	MOLDE CARGA Lb/pulg2	EXPANSIÓN						
			I		II		III		
			Lb	CBR (%)	Lb	CBR (%)	Lb	CBR (%)	
0.000		0		0		0		0	
0.025		25.0		20.0		13.0			
0.050		55.4		52.3		34.0			
0.075		121.2		96.9		63.0			
0.100	1000	179.9	302.6	30.3	143.9	242.0	24.2	93.8	157.3
0.125		252.6		202.1		131.4			
0.150		327.5		262.0		170.3			
0.175		412.7		330.2		214.6			
0.200	1500	476.1	576.0	38.0	352.4	460.0	30.7	246.6	302.0
0.300		691.7		553.4		359.7			
0.400		913.5		730.8		475.0			
0.500		1044.2		835.4		543.0			

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante. Equipo usados
 Se aplicó una carga de asiento de 4.54 kg y luego se taro. Bal-003
 Realizado por Bal-001
Hor-001
Maa. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 BELLO CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Agregado para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

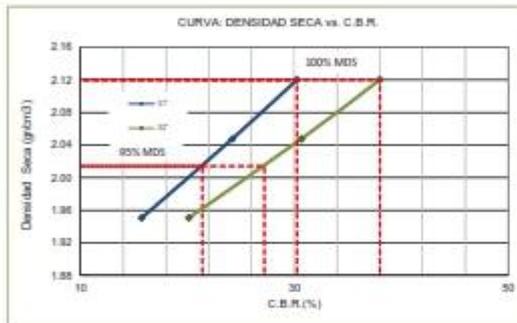
Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Aditivo : 3.0%
 Muestra : M-1 Vía : -
 Prof.(m) : 1,50

Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

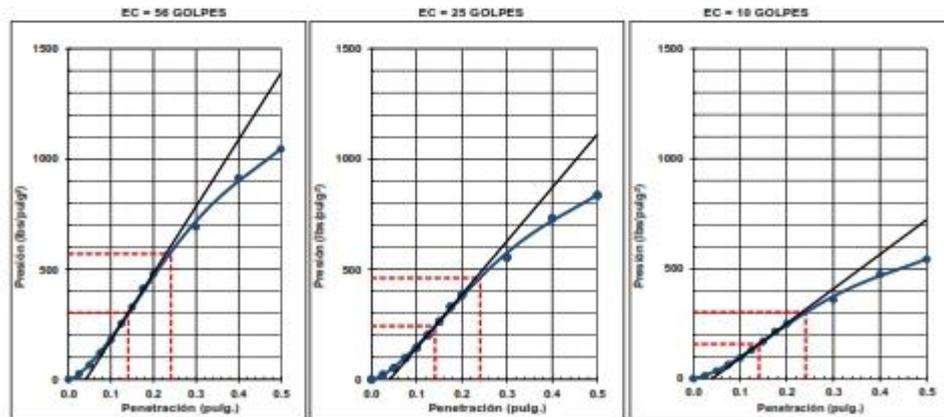
Coordenadas : -



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.120
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.6
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.014

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	30.3	0.2"	36.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	21.4	0.2"	27.2

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 30.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 21.4
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 36.0
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 27.2



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usado
Sab-003
Sab-001
Hor-001
Maq. Ensayo 50Rn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 ULLDA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 190067



FORMULARIO	Código : D-19
INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
	Fecha : -
	Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Solomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque

FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Aditivo : 5.8% Clasificación SUCS : SM
 Muestra : M-1 Via : - Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Prof.(m) : 1.50 Coordenada : -

Peso específico : -
 Método : A

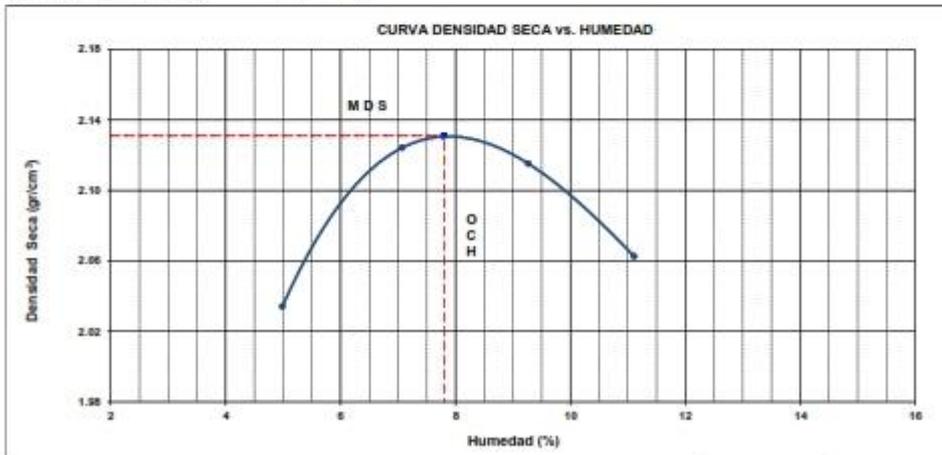
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	5644	5972	6006	5988
Peso del Molde (gr)	3875	3875	3875	3875
Peso suelo compacto (gr)	1969	2097	2131	2113
Volumen del Molde (cm ³)	922.0	922.0	922.0	922.0
Densidad Humada (gr/cm ³)	2.136	2.274	2.311	2.292
Densidad seca (gr/cm ³)	2.034	2.124	2.115	2.063

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	366.0	316.2	316.2	313.2
Tara + suelo seco (gr)	352.2	302.2	295.5	288.9
Peso del agua (gr)	13.8	16.0	20.7	24.3
Peso de tara (gr)	75.5	75.9	72.2	70.2
Peso suelo seco (gr)	276.7	226.3	223.3	218.7
Contenido de humedad(%)	5.0	7.1	9.3	11.1

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.131 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 7.8 (%)



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usado
Bal-003
Bal-001
Hor-001
Mas. Ensayo 50Kg



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 JULIO CLAVIRO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193697

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Agregado para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

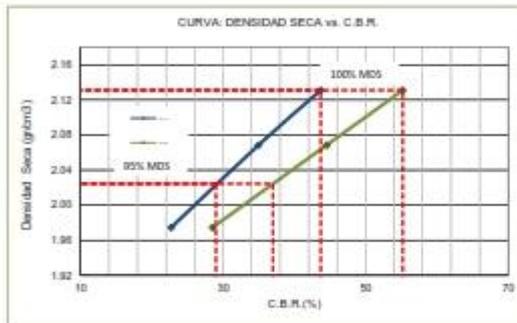
Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

Calicata : C-2 Aditivo : 5.0%
 Muestra : M-1 Vía : -
 Prof.(m) : 1,50

Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)

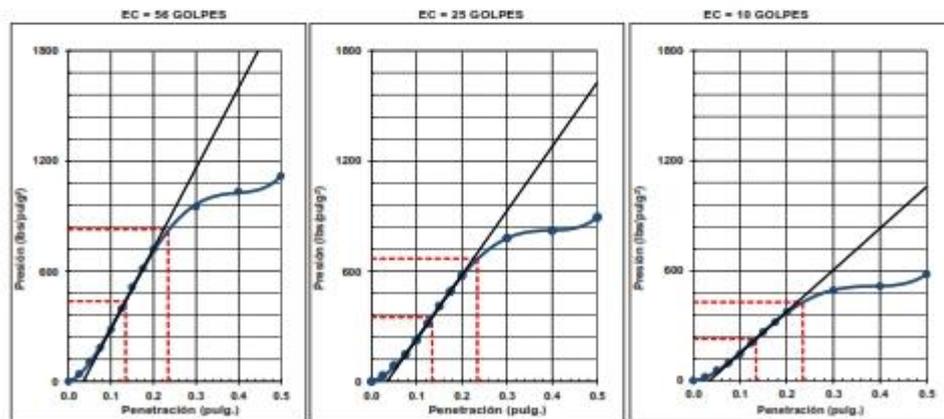
Coordenadas : -



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.131
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.8
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.024

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	43.7	0.2"	55.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	29.0	0.2"	37.0

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 43.7
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 29.0
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 55.2
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 37.0



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Equipo usado
Sal-003
Sal-001
Hor-001
Maq. Ensayo 50Kn



Javier Francisco
 JAVIER FRANCISCO
 ULLCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. O.P.N° 193607



FORMULARIO

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Código : D-19
 Revisión : 1
 Fecha : -
 Página : 1 de 3

PRÓCTOR MODIFICADO
 NTP 339.141 / ASTM D-1557

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para un pavimento flexible, Avenída el Bosque 2022
 UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

Calicata : C-2 Aditivo : 7.0%
 Muestra : M-1 Via : -
 Prof.(m) : 1.50
 Clasificación SUCS : SM
 Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Coordenadas : -

Peso específico : -
 Metodo : A

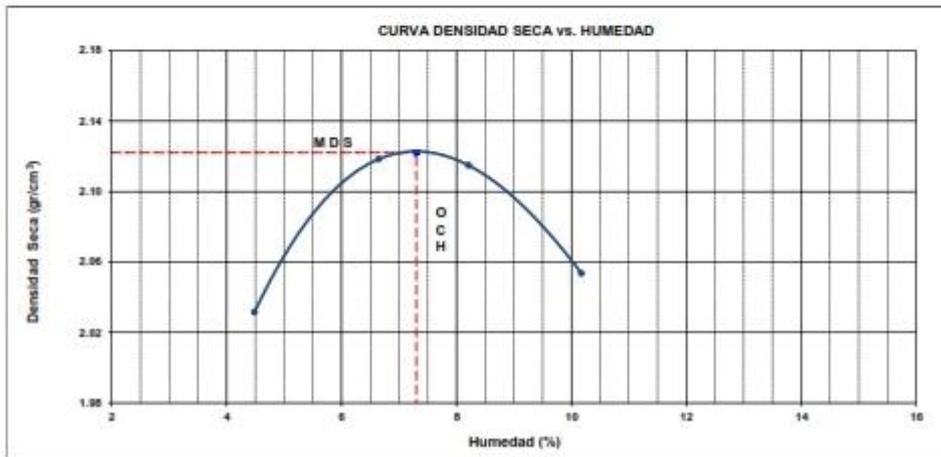
COMPACTACIÓN

Prueba N°	1	2	3	4
Peso del molde + Suelo compacto (gr)	5832	5958	5985	5961
Peso del Molde (gr)	3875	3875	3875	3875
Peso suelo compacto (gr)	1957	2083	2110	2086
Volumen del Molde (cm ³)	922.0	922.0	922.0	922.0
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.123	2.259	2.289	2.262
Densidad seca (gr/cm ³)	2.031	2.118	2.115	2.054

HUMEDAD

Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr)	337.6	343.0	298.9	319.2
Tara + suelo seco (gr)	325.5	325.5	280.2	295.5
Peso del agua (gr)	12.1	17.5	18.7	23.7
Peso de tara (gr)	55.6	62.2	52.5	62.6
Peso suelo seco (gr)	269.9	263.3	227.7	232.9
Contenido de humedad (%)	4.5	6.6	8.2	10.2

Maxima Densidad Seca (gr/cm³) : 2.122 (gr/cm³)
 Optimo Contenido Humedad(%) : 7.3 (%)



Observaciones : La muestra fue recibida e identificada por el Solicitante.
 Realizado por : Tec. J.Ch

Equipo usado	
Bal-003	
Bal-001	
Hor-001	
Mas. Ensayo 500k	

JAVIER FRANCISCO
 ULLAGA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

	FORMULARIO	Código : D-20
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1 Fecha : - Página : 3 de 3

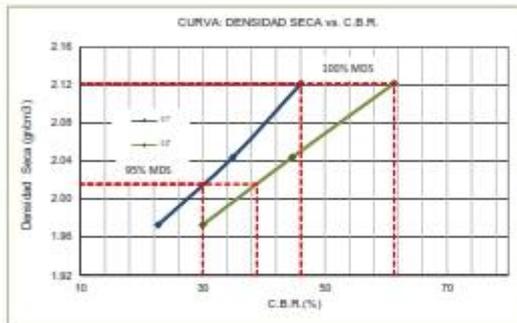
**CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
NTP 339.145 / ASTM D-1883**

N° INFORME : JCH 21-238
 SOLICITANTE : Muñoz Sotomayor Miguel Arturo & Estefany Pulido
 ENTIDAD : -
 PROYECTO : Estabilización química de la subrasante con Aggreblend para un pavimento flexible, Avenida el Bosque 2022

Fecha de Recepción : 17/10/22
 Fecha de Ejecución : 18/10/22

UBICACIÓN : Av el bosque
 FECHA : Octubre del 2022

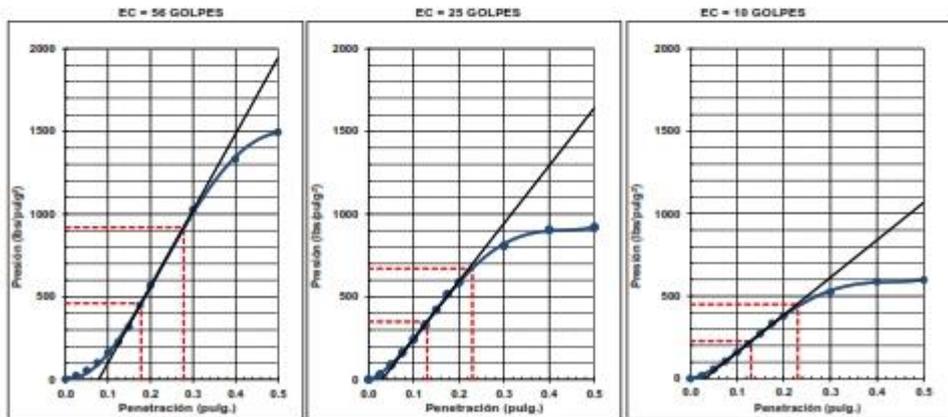
Calicata : C-2 Aditivo : 7.0% Clasificación SUCS : SM
 Muestra : M-1 Vía : - Clasificación AASHTO : A-2-4(0)
 Prof.(m) : 1,50
 Coordenadas : -



MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.122
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.3
 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.016

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1"	46.1	0.2"	61.3
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1"	36.0	0.2"	36.9

RESULTADOS:
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.1" = 46.1
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.1" = 36.0
 C.B.R. al 100% de la M.D.S. 0.2" = 61.3
 C.B.R. al 95% de la M.D.S. 0.2" = 36.9



Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
 -

Equipo usados
Bal-003
Bal-001
Mor-001
Mag. Ensayo 50Kn



 JAVIER FRANCISCO
 ULLCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP N° 190067



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Estabilización química de la subrasante con Aggrebind para pavimento flexible, avenida El Bosque, 2022", cuyos autores son MUÑOZ SOTOMAYOR MIGUEL ARTURO, PULIDO VILLANUEVA STEFANY ANTOANE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 22 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MARIA YSABEL GARCIA ALVAREZ DNI: 21453567 ORCID: 0000-0001-8529-878X	Firmado electrónicamente por: MGARCIALV el 21- 02-2023 23:35:38

Código documento Trilce: TRI - 0498771